وزارة المعارف العمومية

علم استخلاص المعادن

وضع

يوسف العارف
أستاذ علوم فى الهندسة الميكانيكية (M. Sc.)
ومدير القسم الصناعى بمصلحة السجون

حسن حسنى عبد الخالق
خريج جامعة برستول
ومفتش بالتعليم الصناعى

عثمان عبد الله
دبلوم مدرسة الفنون والصناعات
ومدرس بالمدارس الصناعية

القاهرة
طبع بالمطبعة الأميرية ببولاق
١٩٣٥

وزارة المعارف العمومية

علم استخلاص المعادن

وضع

يوسف العارف

أستاذ علوم فى الهندسة الميكانيكية (M. Sc.)
ومدير القسم الصناعى بمصلحة السجون

حسن حسنى عبد الخالق

خريج جامعة برستول
ومفتش بالتعليم الصناعى

عثمان عبد الله

دبلوم مدرسة الفنون والصناعات
ومدرس بالمدارس الصناعية

القاهرة
طبع بالمطبعة الأميرية ببولاق
١٩٣٥

مقدمة الطبعة الأولى

تطورت الصناعات المعدنيــة فى مصر تطورا يذكر بعد الحرب العظمى وتقدمت بخطوات سريعة ، فخلق هــذا التقدم جيلا صالحا من رجال الصناعة يرجى نفعه ويؤمل سعيه . بيد أنه ما من صــناعة يضمن بقاؤها واستمرارها اذا لم تجد من العلم سندا يدعمها وضابطا ينظمها وشارحا يفسر غامضها ويتناول مادتها بالبحث والتحليل فيبين تركيبها وطرائق استخلاصها ومعالجتها ووسائل تمييز أنواعها بعضها من بعض حتى يكون الصانع على بينة من أمره وعلى علم تام بالمــادة التى تشكلها يداه . لذلك كانت نهضتنــا فى الصناعات المعدنية أشد ما تكون حاجة الى مؤلف علمى من هذا القبيل يكون عونا للصانع فى صناعته وللطالب فى دراسته ومرجعا للمهندس فى حياته العملية . وهذا هو ماحدا بنا الى إخراج كتابنا هذا فى علم استخلاص المعادن .

وإذ نتقدم بهــذا الكتاب نرجو أن يكون أول حجر ركين فى بناء كياننــا الصناعى فى ضوء العلم الحديث . وأن يتقدم الخاصة بمعارفهم وناضج آرائهم وبمــا يملكون لتدعيم البناء واستكمال وجوه النقص فيه . كما نرجو أن يسد هذا الكتاب فراغا فى عالم المؤلفات الفنية وأن يكون — بمــا توخيناه من البساطة فى إخراجه — دليلا مسعفا ومرشدا سهلا تنتفع به كل طائفة تقرؤه وتركن اليه .

ولا ننتقص من قيمة مجهودات البعض ولا نحط من أقدارهم اذا رأينا فيما سبق وضعه من المصنفات القديمة والأبحاث فى هــذا الموضوع خليطا

من المعلومات النـاقصة ونتاجا وفيرا من تدبيج العبارات وتنسيق الألفاظ فلا يخرج القـارئ أو المطلع بشيء يزيد فى محصوله الفنى أو يكسبه ثروة من العـلم والمعرفة . كما لا ينبغى أن نبالغ فى التنويه بالمجهود المضنى الذى بذلناه فى تخير الألفاظ العربية المناسبة للدلالة على الاصطلاحات الفنية العديدة والأساليب الصناعية المتنوعة ومراعاة قرب هـذه الألفاظ من الفصحى ومواتاتها للأسماء الدارجة فى الورش والمصانع المصرية . وهذه محاولة نرجو أن يكون حظها التوفيق وأن يكون نصيبنا منها بعض التشجيع .

ومع كوننا أعطينا كل معدن قسطا مناسبا من الشرح ، إلا أننا قد خصصنا الجزء الأكبر من الكتاب للحديد ومستخرجاته لمـا له من الأهمية فى عالم الصناعة فى العصر الحـاضر الذى أطلق عليـه بحق عصر الحديد . وليست أهمية الحديد مقصـورة على الوقت الحاضر فحسب ، فالأقدمون أنفسهم اعتبروه أنفس المعادن فى خدمة الصـناعة وتغالوا فى تقدير فوائده فزعموا أنه هبة الإله للانسان .

على أن ظهور كتابنا لا يتخذ دليلا على أن مصر بلد تجهل صناعة المعادن بل على العكس هى من أعرق الأمم فى الصناعة وأرسخها قدما فيها . وقد برهن المصريون فى عصورهم المختلفة أنهم ذووا ملكات صناعية منتجة وسجل التاريخ لهم علو كعبهم كأمة صناعية حذقت كثيرا من الصناعات لا سيمـا المعدنية ، وقد أمدتهم هذه الأرض المقدّسة بأغلب ما احتاجوا اليه فسموا بمدنيتهم إلى تلك العظمة التى لا تزال موضع إعجاب العالم بأسره كما لا تزال آثارها جديدة على تعاقب الدهور وكر الأحقاب .

فقدماء المصريين استخرجوا الذهب من مناجمه فى بلاد النوبة واستخدموه فى صنع الأوانى والحلى وعرفوا الألوان الثابتـة الزاهية التى ما تزال تضيء

حجرات هياكلهم ومعابدهم ، وأغاب هذه الألوان أكاسيد معدنية . كذلك وجد فى حفريات الأهرام ما يرجح استخدامهم لمعدن الحديد منذ خمسين قرنا خلت تقريبا . وبالجملة — وليس هنا مجال الحصر — فان المصريين القدماء قد عرفوا كثيرا من المعادن ومركباتها واستخدموها فى مطالبهم المختلفة سواء أكانت هذه المعادن من نتاج مصر أم مستوردة من الخارج .

وقد احتفظ المصريون بتفوقهم الصناعى فى عهد اليونان والرومان والعرب والأتراك والمماليك وغيرهم ممن تداولوا حكم مصر كما تنطق بذلك آثارهم من من جوامع وكنائس وقصور .

غير أن المصريين قد قصروا فى القرن الماضى وأوائل القرن الحالى عن متابعة روح العصر الحاضر عصر الصناعة والتجارة فأصبحوا عالة على غيرهم فى أغلب مطالب الحياة . ولو أن المصريين استفادوا مما تهيأ لهم فى القرن الماضى من أسباب النهوض الصناعى لكانوا الآن حاملى لواء الصناعة فى الشرقين الأقصى والأدنى ، فلقد قيض الله لهم ذلك العبقرى العظيم محمد على رأس العائلة المالكة وموجد مصر الفتاة فأنشأ لهم من المعامل والمصانع ما كان يصلح نواة لعظمة صناعية حديثة .

لكن شاء القدر ألا تحقق آمالنا فيها . وما قضى عليها غير ذلك الجمود الصناعى الذى استولى علينا بعد نهضة محمد على . فان الصناع الذين حذقوا صناعاتهم فى عهده — وهم نفر قليل — لم يجدوا بعد إقفال تلك المصانع جوا طليقا ولا عونا لتشجيعهم وإمدادهم بما يلزم لمناولة صناعاتهم . هذا عدا ما تخلل حكم المماليك والفرنسيين من الحروب والثورات قبل ذلك العهد مما كان سببا فى خلق فراغ صناعى فى بدء العهد الجديد مكن للصناع الأوربيين وغيرهم فى الاستحواذ على أسواقنا الصناعية وإبعاد المصرى عنها وتركه جاهلا بلباب فنونهم وصناعاتهم .

على أن بعض ما يلتمسه المدافعون من المعاذير لمـا حل بهذه المصانع عدم توافر المـادة الخامة والمعادن الغُفْلة والقوى المحركة فى ذلك الوقت ، وهذا خطأ ظاهر ووهم باطل ، إذ ليس من المحتم أن تتوافر المواد الخـامة ولا المعادن الغفلة فى أى قطر ليكون صناعيا . فهذه اليابان تملأ أسواق العالم بمنتجاتها المتنوعة ، لا سيما القطنية منها ، وما كانت فى أى وقت من الأوقات قطرا زراعيا . وليست ايتاليا بلدا تتوافر فيه المعادن وهى مع ذلك فى مقدمة البلاد الصناعية . وانجلترا التى تكتسح الشرق بمستخرجاتها الحديدية تستورد نحو ثلث الحديد الغفل من ممـالك أخرى .

أما القوى المحركة فموجودة فى كل زمان ومكان . موجودة فى الهـواء وفى حرارة الشمس وفى باطن الأرض وظاهرها وفى مساقط المياه وغير ذلك ولا يقتضى الأمر إلا عقولا مفكرة وعزائم ماضية تنقب عنها وتستفيد منها فالاعتذار بعدم توافرها فى مصر اعتذار مردود .

والآن، وقد نشط المصريون من خمولهم وفطنوا إلى مافى بلادهم من القوى المحركة الكامنة فأخذوا فى دراسة مساقط الميـاه والبحث عن ينابيع جديدة للبترول فوق ما هو موجود — الآن وقد اكتشفوا بين ظهرانيهم مناجم للحديد والمـانجنيز والفوسفات وغيرها من جواهر الأرض فاننا نستبشر بأن يكون ذلك فاتحة عصر زاهر تعتاض به مصر ما فاتها .

فالى مصر الحديثة ، مصر الناهضة ، نتقدم بكتابنا هذا يحدونا الرجاء إلى مستقبل زاهر . وأخيرا نرجو أن يتسامح الخاصـة فيما يجدونه فى كتابنا من غلو أو تقصير .

والله المستعان ،،

المؤلفون

مقدمة الطبعة الثانية

إن فضيلة الاعتراف بالجميل تقتضينا أن نتقدم للقراء بكلمة شكر على حسن تشجيعهم وشديد إقبالهم على الطبعة الأولى من هذا الكتاب .

واستكمالا لمادته قد أدخلنا تعديلات على الطبعة الثانية تمشيا مع حالة التعليم فى مصر ، ولو ان بعض هذه الفصول يخرج عن علم استخلاص المعادن ، لكن مما لا شك فيه أن هذا سيكون لخير القراء ؛ وذلك حسبنا وكفى ما

المؤلفون

الفهرست

		صفحة
المقـدمة	... ...	(ج)
مقدمة الطبعة الثانية	... ...	(ز)
الفصل الأول	— تمهيد وتعريف . خصائص المعادن	١
« الثـانى	— بعض الاصطلاحات والعمليات الهامة المستخدمة فى علم اســـتخلاص المعادن ، الأفران ، البيرومترات ، المواد الصلصالية	٢٣
« الثالث	— الوقود...	٤٣
« الرابع	— الحديد الغفل . تجهيزه . صهره	٥٩
« الخامس	— الفرن العالى وملحقاته	٧٠
« السادس	— الزهر الخام...	٩١
« السابع	— الحديد الخام	٩٩
« الثامن	— الصلب...	١٢٦
« التاسع	— العمليات النهائية للصلب...	١٧٧
« العاشر	— موارد الحديد الخام	١٨٦
« الحادى عشر	— العمليات الحرارية للصلب	١٩٤
« الثانى عشر	— الأنواع المستحدثة من الصلب	٢١٧
« الثالث عشر	— النحاس	٢٣٠
« الرابع عشر	— الخارصين (الزنك)	٢٥٧
« الخامس عشر	— القصـدير	٢٦٨

صفحة

الفصل السادس عشر — الرصاص ٢٧٧

« السابع عشر — الفضة ٢٩١

« الثامن عشر — الذهب ٣١٤

« التاسع عشر — النيكل ٣٢٤

« العشرون — الألومنيوم ٣٢٩

« الحادى والعشرون — الكروم، المانجنيز، الانتيمون، المغنيزيوم،
البلاتين ٣٣٧

« الثانى والعشرون — السبائك ٣٤٩

« الثالث والعشرون — الخام ٣٥٣

« الرابع والعشرون — العدد القاطعة ٣٧٣

« الخامس والعشرون — طرائق التشغيل ٣٧٩

الفصل الأوّل

تمهيد وتعريف ــ خصائص المعادن

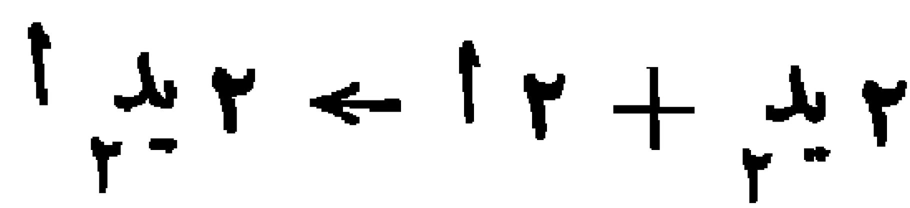
يتصل علم استخلاص المعادن بعلمى الطبيعة والكيمياء اتصالا وثيقا ، إذ أن أكثر المعادن عند استخراجها من مناجمها تكون على هيئة مركّبات كيميائية مصحوبة بأخلاط أرضية . واستخلاص هذه المعادن من أخلاطها ومركباتها يستدعى إجراء بضع عمليات عليها من حرارية وكيميائية وغير ذلك مما تقتضى دراسته معرفة ما اصطلح عليه فى علم الكيمياء من تمثيل المركّبات برموز والتفاعلات بمعادلات ، وكذلك معرفة بعض المبادئ الأولية لعلم الطبيعة ، كالحالات المختلفة التى توجد عليها المادة وتأثير الحرارة عليها وما الى ذلك .

فالرموز هى حروف يمثل كل حرف أو حرفين منها عنصرا من العناصر ، وقد راعى الكيميائيون المصريون اختيار الحرف الأول من اسم العنصر رمزا له ، وعند اشتراك جملة عناصر فى الحرف الأول يرمز للعنصر بالحرفين الأولين منه أو بأى حرفين بارزين فى اسمه .

ويمثل المركب بمجموعة من رموز العناصر المحتوى عليها ، وما يكتب من الأرقام أسفل أى رمز من رموز هذه المجموعة ومن الجهة اليسرى له يدل على عدد ذرات العنصر فى المركب . وما يكتب على يمين أى رمز أو أى مركب يدل على عدد جزيئات ذلك العنصر أو المركب فمثلا يد$_{٢}$ ١ تدل على

جزيء واحد من الماء به ذرتان من الأيدروجين وذرة من الأوكسيجين ، ٢ يد٢ ا يدل على جزيئين من الماء .

وتمثل التفاعلات الكيمائية بمعادلة حدودها من الرموز ، فمثلا عند اتحاد جزيئين من الأوكسيجين بجزيئين من الأيدروجين يتكون جزيئان من الماء وتكتب المعادلة بالطريقة الآتية :



٢ يد٢ + ٢ ا ← ٢ يد٢ ا

أى جزيئان ايدروجين + جزيئان أوكسيجين ← جزيئان من بخار ماء .

ويبين الجدول الآتى بعض العناصر المهمة ورموزها :

العنصر	الرمز	العنصر	الرمز	العنصر	الرمز
الحديد	ح	الذهب	ذ	البزموت	بز
النحاس	نح	البلاتين	بلا	الزرنيخ	ر
الزنك (الخارصين)	خ	المغنزيوم	ما	الكوبالت	كو
القصدير	ق	الأوكسيجين	ا	الصوديوم	ص
الرصاص...	ر	الأيدروجين	يد	البوتاسيوم	بو
الانتيمون	ن	النيتروجين(الأزوت)	ز	الكادميوم	كد
المانجنيز	م	الكبريت	كب	البروم	بر
الألومنيوم	لو	الفوسفور	فو	الكلور	كل
الكروم	كر	الكربون...	ك	اليود	ى
النيكل	ك	السليكون	س	الباريوم...	با
الفضة	ف	التانجستن	تا		
الكلسيوم	كا	الزئبق	ى		

والمـادة توجد فى الطبيعة على حالة من ثلاث :

(١) صلبة .

(٢) سائلة .

(٣) غازية .

فاذا سلطت الحـرارة على الأجسام الصلبة فانهـا تحيلها الى سوائل ، وإن سلطت على السوائل فانها تحيلها الى غازات . وبعض المواد يستحيل من حالة الى أخرى بأى تأثير حرارى بسيط عليه ، بينما البعض الآخر لايستحيل إلا عند التأثير الحرارى الشديد ، فالثلج مثلا وهو ماء متجمد إن عرض لحرارة الجو العادية يستحيل الى ماء ، ثم اذا سخن لدرجة الغليان — مائة سنتجريد (مئوية) — فانه يستحيل الى بخار (غاز) ، أما المعادن فان أغلبها يفتقر الى درجات حرارة عالية ليستحيل من صلب إلى سائل وإلى درجات حرارة أعلى ليستحيل من سائل الى غاز . وزيادة عن ذلك فللحرارة تأثير آخر على الأجسام المركبة ، اذ أنها تحللها فى كثير من الأحيان الى عناصرها المتركبة منها .

المعدن — هو لغة منبت الجواهر من ذهب وفضة وحديد الخ ، كذلك هو مكان كل شىء فيه أصله ومنبته ، وبعبارة أوضح هو المنجم الذى تستخرج منه جواهر الأرض . لكن جرى العرف فى عالمى الصناعة والتجارة ولدى سواد الجمهور فى الأقطار العربية على إطلاق لفظ المعدن للدلالة على العناصر الكيمائية التى تعرف فى اللغة الإنجليزية باسم (Metal) . ومع أن الكيميائيين المصريين قد تواضعوا فى كتبهم على استخدام لفظ " فلز " للدلالة على هذه العناصر باعتبار أنه اللفظ العربى الصحيح الذى يقوم بالمعنى المطلوب ، إلا أننـا نرى أنفسنا ملزمين بمجاراة العرف المتداول لأن حكمه أقوى من حكم اللغة . وعلى ذلك سنطلق فى كتابنا هذا لفظ " معـدن " للدلالة على المعنى المألوف لدى الجمهور .

والعناصر تنقسم كيميائيا إلى قسمين وهما :

(١) معادن . ويسميها الكيميائيون "فلزات" وهى التى إذا وضعت أكاسيدها فى الماء تكوّن معه قواعد كالصوديوم والحديد والفضة والذهب الخ .

(٢) لا معادن . ويسميها الكيميائيون " لا فلزات " وهى التى إذا وضعت أكاسيدها فى الماء تكون معه أحماضا كالسليكون والكبريت والكربون الخ .

وهذا التقسيم تقريبى لأنه يصعب وضع حدود دقيقة فاصلة بين هذين القسمين ، فبعض العناصر كالزرنيخ مثلا يشترك فى خصائصه بين المعدن وغير المعدن ، وأمثال هذا العنصر يطلق عليها إسم " أشباه المعادن " .

علم استخلاص المعادن — هو علم يبحث فى طرائق استخلاص المعادن من أخلاطها ومركباتها ، وتحويلها من حالتها الغفلة التى توجد عليها فى الطبيعة الى الحالة التى تظهر عليها نهائيا فى عالمى الصناعة والتجارة . كذلك يبحث فى خصائص المعادن والحالات المختلفة التى توجد عليها ، كما يبحث فى التغيرات التى تطرأ عليها وتعدل من خصائصها من جراء اختلاطها بغيرها من المعادن أو على أثر معالجتها بالوسائل الكيميائية والطبيعية والميكانيكية المختلفة .

ومع أن العناصر المعروفة كمعادن تبلغ نحو الخمسة والخمسين عدًّا فان علم استخلاص المعادن لا يتناول بالبحث منها عادة إلا كل معدن يوجد بكميات كافية فى الطبيعة أو تكون له خصائص هامة تبرر دراسته . والمعادن التى يتوافر فيها هذان الشرطان لا تزيد عن الخمسة والعشرين ، لكنّا سنجعل مدار بحثنا فى هذا الكتاب مقصورا على أربعة عشر منها فقط لما لها من أهمية خاصة وهى :

الحديد ، النحاس ، الزنك (الخارصين) ، القصدير ، الرصاص ، الأنتيمون ، المـانجنيز، الألومنيوم ، الكروم، النيكل ، الفضة، الذهب ، البلاتين ، المغنزيوم .

خصائص المعادن — وللمعادن خصائص تمتاز بها عن غيرها وتتوقف عليها صلاحية هذه المعادن للأغراض الصناعية المختلفة، وأهم هذه الخصائص هى :

الثقل النوعى، الصلابة ، قابلية الصهر، قابلية التطاير (أى قابلية التبخر)، قوة التماسك ، الاستطالة، المرونة ، قابلية السحب ، قابلية الطرق ، مقاومة الثنى والالتواء ، قابلية السك ، قابلية اللحام ، القدرة على التوصيل الحرارى والكهربائى ، مقاومة العوامل الجوية والعوامل الكيميائية .

وفيما يلى بعض أمثلة نسوقها للدلالة على أهمية هذه الخصائص فى تحديد صلاحية المعادن للأغراض المختلفة : فالثقل النوعى المرتفع للذهب هو من أهم الخصائص التى جعلت هذا المعدن يصلح أكثر من غيره نقدا للتعامل والتداول حيث يمكن صنع نقد منه ذى قيمة كبيرة جدا فى حجم مقبول . وعظم قوة تماسك الحديد مع انخفاض ثقله النوعى بالنسبة لغيره من المعادن جعل هذا المعدن أصلح ما يكون لإقامة منشئات منه ذات وزن معقول . كذلك انخفاض الثقل النوعى للألومنيوم جعل من الميسور صنع سبائك منه خفيفة الوزن متينة تصلح للطائرات وأشباهها . وصلابة الصلب جعلتـه أصلح ما يكون لصنع العدد القاطعة . أما مقاومة الثنى والالتواء والقابلية للطرق والقابلية للسحب وقوة التماسك فانهـا تعيّن على وجه العموم درجة صلاح المعدن للاستعمال ودرجة نفعه فى الأغراض الإنشائية . ثم إن قابلية الصهر وقابلية التمدد تعيّن درجة صلاحه لعمل المسبوكات. أما مقاومة التلف أو التآكل بفـعل المؤثرات الجـوية أو الكيميائية فهى خاصـية لازمة لاستخدام المعادن بصفة عامة .

الثقل النوعى — هو النسبة بين وزن كتلة من المعدن وكتلة مساوية لها من المـاء . والجدول الآتى يبين الثقل النوعى لبعض المعادن المهمة :

المـاء = ١

المغنزيوم	١,٧٤	النحاس	٨,٦
الألومنيوم	٢,٥٦	النيكل	٨,٨
الأنتيمون	٦,٧	الفضة	١٠,٥
الزنك	٧,١	الرصاص	١١,٣٦
القصدير	٧,٢	الذهب	١٩,٣
الحديد...	٧,٨	البلاتين	٢١,٥

ويزداد الثقـل النوعى عادة بالمعالجـة الميكانيكية كالطرق والسحب والإمرار بآلات الجلخ .

الصلابة — ويعبر عنها الصناع المصريون بلفظ القساوة أو النشوفة . وأحسن تعريف لهـا هو " مقاومة الجسم لأن يخترقه جسم آخر " وتختلف هـذه الخاصية فى المعدن الواحد باختلاف درجة نقاوته وطرائق معالجته . ويمكن أن يقال على وجه العموم إن صلابة المعدن تزداد بوجود مواد غريبة فيه [١] ، فالذهب الذى يستخدم فى سك النقود تزداد صلابته باضافة ٨,٣٣ فى المـائة اليه من النحاس ، كذلك كلما زادت نسبة الكربون فى مستخرجات الحـديد زادت صلابتها ، أما من حيث تأثير طرائق المعالجـة على درجة الصـلابة فان الطرق والسحب والإمرار بآلات الجلخ [٢] تزيد فى صـلابة

(١) توجد بعض استثناءات لهذه القاعدة .

(٢) تسمى أيضا آلات التصفيح .

المعادن ، وبهذه الطريقة كان القدماء يزيدون فى صلابة الأسلحة البرنزية التى كانوا يستخدمونها . أما التخمير — وهو تسخين المعدن إلى درجة الاحمرار ثم تركه ليبرد ببطء زائد — فانه ينقص على العموم من صلابة المعدن أى يزيد فى طراوته ، لكن النحاس تزداد طراوته عادة كلما زادت سرعة تبريده عقب تسخينه، ويسرى ذلك أيضا على كثير من سبائكه[1] . وأسهل طريقة تقريبية لقياس درجة الصلابة لأى جسم هى خدشه بواسطة جسم آخر ذى صلابة معلومة . وتستخدم هذه الطريقة بكثرة فى الورش المصرية حيث يسلط المبرد على الجسم المطلوب معرفة درجة صلابته ، فتتوقف النتيجة على مقدار التآكل الذى ينتج من تسليط المبرد . لكن الطرائق الدقيقة لقياس درجة الصلابة فى المصانع الكبيرة تكون بواسطة أجهزة خاصة تحدث حزا أو فدغا فى الجسم المطلوب قياس درجة صلابته . وأشهر هذه الطرائق وأكثرها انتشارا طريقة (برينل Brinell)، وتتلخص فى تسليط كرة من الصلب الناشف المقسى قطرها عشر ملليمترات على سطح مستو من الجسم المطلوب تعيين صلابته وضغطها بقوة ضاغطة قدرها ثلاثة آلاف كيلو جرام ثم قياس قطر الفدغ الذى تحدثه الكرة فى سطح الجسم ، فكلما كبر هذا القطر دل ذلك على قلة صلابة المعدن والعكس بالعكس .

قابلية الصهر — جميع المعادن المعروفة يمكن صهرها ، أى تحويلها إلى سوائل بواسطة الحرارة . لكنها تختلف كثيرا فى مقدار استعدادها للصهر وفى درجة الحرارة اللازمة لذلك ، فالقصدير والرصاص والزنك مثلا يمكن صهرها فى أية نار عادية ، بينما البلاتين لا يمكن صهره إلا اذا عرض للهب الاوكسى ايدروجين . وبعض المعادن تتحول قبل انصهارها إلى حالة عجينية

(١) السبيكة المعدنية هى خليط مركب من معدنين فأكثر .

كالحديد الخام والبلاتين لكن البعض الآخر يتحول بسهولة من الجمودة إلى السيولة، وهذا ينطبق أيضا على السبائك المعدنية. فالسبيكة المعروفة بقصدير اللحام — والتى تستخدم فى وصل المواسير الرصاص وتتركب من جزئين من الرصاص وجزء من القصدير — تحول عند تسخينها إلى مادة عجينية فيمكن لسباك المواسير تشكيلها فوق الوصلة وهى على هذه الحالة .

وبعض المعادن تنكمش عند انصهارها فتصير وهى سائلة أشد كثافة منها وهى جامدة وذلك عند نقطة الانصهار ، ويمكن مشاهدة هـذه الظاهرة بوضوح فى الزهر عند صهره ، فان الكتل الجامدة التى لم تنصهر تطفو على سطح الزهر المنصهر ، لكن أغلب المعادن تمدد عند صهرها فتقل كثافتها .

والمعادن التى لا تحول الى عجينة قبيل انصهارها والتى تمدد عند تجمدها هى الأصلح للسباكة لأن المسبوكات التى تصنع منها تكون محددة الأركان ناطقة التفاصيل ، ولهذا السبب تفضل بعض أنواع الزهر الخـام البعض الآخر فى صنع المسبوكات ، وللسبب نفســه يضاف جزء من البزموت على سبائك الزنك والقصدير فى صنع المسبوكات المعروفة باسم " البرنز الصناعى " والتى تستخدم فى عمل التماثيل الرخيصة والأوانى المنزلية والزخرفية . ودرجة حرارة انصهار السبائك المعدنية تكون على الدوام منخفضة، وقد تقل أحيانا عن درجة حرارة انصهار أكثر مركباتها قابلـية للصهر . مثلا السبيكة المركبة من جزء من الرصاص وجزء من القصدير وجزئين من البزموت تنصهر فى المـاء المغـلى أى فى درجة تقرب من ١٠٠° مئوية . ويستفاد عادة من هـذه الخـاصية فى عمل سبائك اللحام التى تنصهر على درجة حرارة منخفضة لأنه يلزم أن تكون هذه السبائك أكثر قابلية للانصهار من المعـادن المطلوب لحامها بها .

ونقط الانصهار لبعض المعادن المهمة هى :

القصدير	٢٣٠°	مئوية	الذهب	١٠٨٤°	مئوية
البزموت	٢٦٨°	«	الزهر	١١٠٠° ١٣٠٠°	«
الرصاص	٣٣٠°	«	الحديد الخام	١٦٠٠°	«
الزنك	٤١٢°	«	الألومونيوم	٦٥٨°	«
الأنتيمون	٤٥٠°	«	المغنزيوم	٨٠٠°	«
الفضة	٩٥٠°	«	البلاتين	١٧٧٠°	«
النحاس	١٠٨٥°	«	الصلب	١٤٠٠° ١٦٠٠°	«

قابلية التطاير — (أى قابلية التبخر) بعض المعادن يمكن تحويلها بسهولة الى بخار بواسطة الحرارة وتنعت هـذه المعادن بالمتطايرة أو القابلة للتبخر ، ويمكن تقطيرها بتسخينها واستقبال بخارها فى مكثفات ثم تبريدها . فالزئبق والزنك والصوديوم والبوتاسيوم والزرنيخ تستخلص من معادنها الغفلة[1] بهذه الطريقة . ويلاحظ أن قابلية التبخر خاصية نسبية ، إذ أن جميع المعادن تقريبا يمكن تبخيرها لدرجة كبيرة أو صغيرة فى الأفران المرتفعة الحرارة كالأفران الكهربائية بينما بعضها كالرصاص والأنتيمون والذهب والفضة قابل للتبخر بدرجة محسوسة فى حرارة الأفران العادية المستخدمة فى صهر المعادن .

قوة التماسك — ويعبر عنها فى علم مقاومة المواد بقوة الشد (أو مقاومة الشد) وهى مقاومة المعدن لما يقع عليه من قوى الشد دون أن ينكسر . وتشترك

(١) توجد أغلب المعادن فى الطبيعة على هيئة مركبات كيميائية تخفى حقيقتها المعدنية ، فان كانت هـذه المركبات تحتوى على كية من المعدن تبرر استخراجه منها فان هذه المركبات تنعت بالمعادن الغفلة .

جميع المعادن فى هذه الخاصية بدرجات متفاوتة . وتقاس قوة الشد لأى معدن بمقدار أكبر حمل يمكن أن تتحمله ساق من هذا المعدن قطاعه وحدة مربعة دون أن ينكسر . ففى الطريقة الانجليزية يقال إن قوة الشد لهذا المعدن هى كذا رطلا أو طنا على البوصة المربعة ، أما فى الطريقة المترية فيقال كذا كيلو جراما على السنتيمتر المربع أو المليمتر المربع . وفى عرف المهندسين تحسب قوة الشد بالطن على البوصة المربعة أو الكيلو جرام على السنتيمتر المربع .

وتتأثر هذه الخاصية كثيرا بدرجة نقاء المعدن وكمية المواد الغريبة الموجودة فيه . فأما أن تزيد هذه المواد أحيانا فى مقدار هذه الخاصية و إما أن تنقصها . مثلا إضافة جزء بسيط من الكربون على الحديد الخام لتحويله إلى صلب تعقبها زيادة محسوسة فى قوة التماسك ، بينما زيادة نسبة الكربون عن اللازم فى بعض أنواع الزهر تضعف من هذه القوة فيه . كذلك يحدث وجود الكبريت نقصا ظاهرا فى قوة تماسك المعدن .

والمعالجة الميكانيكية كالطرق والإمرار بآلات الجلخ (لا سيما على البارد) والسحب إلى أسلاك تزيد عادة فى قوة تماسك المعدن ، وذلك لأنها تحدث تغييرا فى تكوين جزيئاته لاسيما فى القشرة الخارجية و يمكن إزالة هذه الزيادة بالتخمير .

وتُحدث الحرارة إن تجاوزت الحد المناسب عكس ما تحدثه المعالجة الميكانيكية ، إذ تميل جزئيات المعدن لأن تنفصل متأثرة بتمدد المعدن من فعل الحرارة .

ويبين الجدول الآتى أقصى قوة تماسك لبعض المعادن المهمة :

المعدن	الأطنان على البوصة المربعة	المعدن	الأطنان على البوصة المربعة
حديد خام	١٨ — ٢٤ تقريبا	فضة مسبوكة ...	١٥ تقريبا
صلب طرى	٢١ — ٣٢ »	الومنيوم	١٢ — ١٦ »
« متوسط ...	٣٤ — ٣٥ »	ذهب	٧٫٥ »
« ناشف ...	٥٠ — ٥٥ »	زنك	١٫٢ »
« أقلام	٤٠ — ٧٠ »	قصدير	٠٫٦ — ١٫٨ »
« سبائك ...	٣٠ — ١٣٠ »	أسلاك رصاص ...	٠٫٩ — ١٫٥ »
زهر	٧ — ١٢ »	أنتيمون	٠٫٥ »
نحاس	١٢ — ٢٠ »	رصاص...	٠٫٦ »

وتتأثر أيضا قوة تمـاسك المعدن تبعا لنوع العمل الذى يؤديه أو الأحوال التى يوجد فيهـا . فالصلب والحـديد الخام مثلا يتبلور مقطعهما غالبا ويصبحان هشين اذا عرضا لاهتزازات متوالية، أو اذا سخنا لدرجة الاحمرار ثم بردا على التعاقب فيؤدى ذلك الى ضعف قوة التمـاسك فيهما . وكثير من حوادث الكسر التى تحدث لها تعزى لهذين السببين .

وتقدر قوة التمـاسك عادة لأى معدن بأخذ نموذج منـه ذى أبعاد معينة وشده تدريجيا على آلة اختبار ، وملاحظة القوة التى تكسره .

الاستطالة — المدى الذى يستطيل اليه المعـدن فعلا قبل انكساره من جراء تسليط قوة شادة عليه ذو أهمية كبرى فى الأعمال الهندسية والصناعية. فالمعادن القابلة للسحب وذات المقاومة للثنى والالتواء تستطيل كثيرا بينما المعادن الصلبة (الناشفة) لا تستطيل إلا قليلا . وعلى ذلك فالاستطالة تعتبر دليلا على قابلية المعادن للسحب وتقاس عادة بواسطة آلات الاختبار

السابق الإشارة اليها . وتقدر كنسبة مئوية ، فان كان طول النموذج فى الأصل عشر بوصات وطوله بعد كسره ١٢ بوصة فانه يكون قد استطال بوصتين وتكون النسبة المئوية للاستطالة عشرين فى المـائة .

المرونة — وهى مقـدرة الجسم على استعادة شكله وحجمه الأصليين بعد زوال القوة التى تحدث فيه التغير . وتشاهد هـذه الخاصية بوضوح تام فى المطاط فانه يستطيل وتنقص مساحة قطاعه العرضى اذا شد، لكنه يرجع الى حالته الأصـلية إذا أزيلت القوة الشادة . واللامرونة عكس المرونة ويقال للجسم إنه " لامَرِن " إذا لم يستعد حجمه وشكله الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة عليه .

والمرونة خاصية مشتركة فى جميع المعادن لكن بدرجات متفاوتة ، ويمكن مشاهدتها بسهولة أثناء تجربة النمـاذج المعدنية فى آلات الاختبار . فان هـذه النماذج تستطيل أثناء تسليط القوة عليها ، فاذا أزيلت القوة ترجع النمـاذج الى طولها الأصلى ، وذلك إذا لم تزد القوة عن حد معين يسمى "حد المرونة" ، لكنها اذا زادت عنه يفقد المعدن مرونته ويدخل فى طور اللامرونة فيستطيل بصفة ثابتة . ومن هذا يرى أن المعادن تكون مرنة تمـاما ما دامت لم تصل الى حد المرونة . ويعرف هـذا الحد بأنه مقدار الجهد الذى يحدث استطالة معلومة ثابتة بعدها لا تستعيد المـادة حالتها الأولى .

والنسبة بين حد المرونة وقوة التمـاسك ذات أهمية عظمى فى الأعمـال الانشائية الهندسية ، وكلما كبرت هـذه النسبة كان المعدن أكثر استيثاقا وأقل قابلية للتأثر بالاهتزازات .

وهناك اصطلاح آخر يسمى " معامل المرونة " ويعرف " بأنه الجهد اللازم لمط الجسم الى ضعف طوله الأصلى إذا ظل تام المرونة " . ويؤخذ هذا المعامل دليلا على مقدرة الجسم على الاستطالة المرنة ويستخرج حسابيا من قراءات هذه الاستطالة .

قابلية السحب — هى الخاصية التى تساعد الجسم على الاستطالة (أى الانسحاب فى اتجاه طوله) بصفة ثابتة وبدون تلف اذا عُرِّض لقوة شادة . وتشاهد هذه الخاصية بوضوح تام فى سحب المعادن الى أسلاك .

وقابلية السحب تكون فى حالة البرودة أكبر منها فى السخونة ، ولذلك تسحب المعادن عادة الى أسلاك وهى باردة . وتتوقف هذه الخاصية فى الأصل على قوة التماسك وبدرجة أقل على الصلابة . فالمعادن المعتدلة الطراوة والمتوسطة قوة التماسك هى أكثر من غيرها قابلية للسحب . وقوة التماسك يلزم أن يكون مقدارها من الكبر بحيث يمكنها مقاومة القوة اللازمة للسحب ، وهذه القوة الأخيرة يتوقف مقدارها على الصلابة .

ولهذا السبب يسبق الذهب والفضة غيرهما من المعادن فى القابلية للسحب . كذلك الحديد يسبق النحاس والقصدير والرصاص وغيرهما من المعادن ذات قوة التماسك القليلة ولو أنها أكثر طراوة منه .

وفيما يأتى بيان بعض المعادن القابلة للسحب مرتبة حسب قابليتها الأكثر فالأقل :

الذهب . الفضة . البلاتين . الألومنيوم . الحديد . النحاس . الزنك . القصدير . الرصاص .

ونظرا لعظم قابلية الذهب للسحب فقد أمكن عمل أسلاك منه رقيقة كنسيج العنكبوت ، وذلك بسحبه بعد تغليفه بغلاف من الفضة ثم إذابة هذا الغلاف فى حمض الأزوتيك عقب عملية السحب .

وقابلية السحب ذات أهمية كبيرة لدى المهندسين فى المنشئات الهندسية بجميع أنواعها من ميكانيكية ومدنيــة ومعمارية ، فان جميع مستخرجات الحــديد المستخدمة فى هــذه المنشئات يلزم أن تكون قابلة للسحب بدرجة تسمح للأعضاء المصنوعة منهـا بالاستطالة قليلا عند حدوث طوارئ غير منتظرة نتيجة عيب فى الصناعة أو غير ذلك من الأسباب ، لأن هذه الأعضاء إن لم تستطل تتولد فيها جهود موضعية كبيرة قد تجهدها الى ما فوق حد المرونة بكثير فتحدث فيها تلفا بالغا . وعلى ذلك يعطى المهندسون لهذه الخاصية من الأهمية ما يعطون لخاصتى قوة التماسك والمرونة .

قابلية الطرق — هى الخاصية التى تساعد الجسم على التمدد بصفة ثابتــة فى جميع اتجاهاته دون أن ينكسر ، وذلك من جراء تعريضه لقوة ضاغطة . وتشاهد هذه الخاصية بوضوح تام فى المعادن عند طرقها أو إمرارها فى آلات الجلخ .

وتقاس قابليــة الطرق لأى معدن برقة الصفائح التى يمكن صنعها منه . وعلاقة الصلابة بهذه الخاصية أظهر أثرا من علاقتها بقابلية السحب، ولهذا السبب نجد أن النحاس أكثر قابلية للطرق من الحــديد بينما الحديد أكثر قابلية للسحب من النحاس . واذا زاد الضغط اللازم للتغلب على الصــلابة ولإحداث التمدد عن قوة التماسك فان المعدن ينكسر .

وتتأثر هذه الخاصية كثيرا بوجود المواد الغريبة فى المعادن فان وجود أثر ضئيل من البزموت أو الزرنيخ أو الأنتيمون فى الذهب مثلا قد يجعــله

فى بعض الحالات هشا (قابلا للكسر) . كذلك تتأثر هـذه الخاصية كثيرا بالحرارة ، فالحديد يكون قابلا جدا للطرق وهو ساخن بشرط ألا تصل السخونة للدرجة التى تحرقه . أما الزنك التجارى فانه يعطينا أوضح مثال على تأثير الحرارة فى المعادن ، فالزنك المـذكور يكون هشا وهو بارد ومقطعه متبلور ، فان رفعت حرارته إلى درجة ١٢٠° — ١٥٠° مئوية فانه يصير قابلا للطرق ، ويمكن تحويله عندئذ الى صفائح (ألواح رقيقة) ، لكن اذا زادت درجة الحرارة عن ذلك قليلا فانه يصبح أكثر هشاشة منه وهو بارد . وألواح الزنك المصنوعة على درجات الحرارة المناسبة تحتفظ بقسط كبير من قابليتها للطرق ويمكن ثنيها كغيرها من ألواح المعادن الأخرى مع بذل قليل من العناية .

وهاك بيان بعض المعادن حسب ترتيب قابليتها للطرق الأكثر فالأقل :

الذهب . الفضة . الألومنيوم . النحاس . القصدير . البلاتين . الرصاص . الزنك . الحديد .

والألواح والصفائح المعدنية على اختلاف أسماكها تصنع عادة بواسـطة آلات الجلخ ما عدا الرقائق فانها تصنع عادة بواسطة الطرق ، وقد صنعت رقائق من الذهب سمكها $\frac{١}{٢٨٠٠٠٠}$ من البوصة أمكن للضوء أن ينفذ خلالها . كذلك صنعت من الحـديد الروسى صفائح رقيقة سمكها $\frac{١}{٧٧٠}$ من البوصـة تقريبا .

وتختبر قابلية الطرق للمعـادن بثنيها أو بطرقها أو بطرائق عديدة أخرى ، ويلزم أن تتوافر هذه الخاصية فى مسامير البرشام والكمرات وما شابهها من المصنوعات المعدنية التى يستخدمها المهندسون .

مقاومة الثنى والالتواء — وهى الخاصية التى يتمكن الجسم بواسطتها من مقاومة الكسر بالثنى أو الالتواء. وجميع المعادن القابلة للطرق تشترك فى هذه الخاصية لكن بدرجات لا تتناسب تماما مع قابليتها للطرق ، وتقاس هـذه المقاومة عادة بثنى المعدن جيئة وذهابا جملة مرات لزاوية معينة ، فعدد المرات التى ينثنيها المعدن دون أن ينكسر تكون قياسا لمقاومته ، كذلك تقاس بعدد الليات التى يمكن أن تلتويها ساق أو سلك من المعدن ذو طول معين دون أن ينكسر ، وتقاس هـذه المقاومة أحيانا — كما هو الحال فى القضبان المصنوعة من الصلب — بوضع أحد القضبان أفقيا على ركيزين والسماح لثقل بالسقوط عليه من ارتفاع معين .

قابلية السك — (أو قابلية الانسياب) هى خاصية تظهر فى المعادن فى حالة اللامرونة ويمكن بواسطتها للعدن وهو جامد أن يقبل التشكيل لأى شكل يراد به ، فان وضع فى وعاء مثلا وسلطت عليه قوى ضاغطة فانه يتشكل بشكل الوعاء المحيط به .

ويستفاد من هـذه الخاصية فى صنع المواسير الرصاص وسك النقود والمداليات وغير ذلك .

ويظهر أن هـذه الخاصية تستمد وجودها من اجتماع خصائص قابلية الطرق وقابلية السحب ومقامة الثنى والالتواء فى وقت واحد فيحدث ذلك فى المعدن تكوينا خاصا يجعله فى حالة شبه عجينية تسمح لذراته بالانسياب أى الانزلاق والتدحرج بعضها بالنسبة لبعض ، وانسياب المعدن يقصد به شيوع الحركة فى جميع جزيئاته .

والرصاص من أكثر المعادن قابلية للسك ، ويمكن أن تصنع من ألواحه بعض الأوانى وذلك بوضعها على قوالب مشكلة على شكل الآنية المطلوبة

ثم يطرق عليها طرقا خفيفا فينساب الرصاص إلى داخل القالب ، كذلك تصنع المواسير الرصاصية من كتل من الرصاص تضغط حول قالب خاص بالضغط المائى .

وتسك النقود والمداليات وغيرها من المسكوكات بوضع قطع المعدن المطلوب سكها فى قوالب (اسطمبات) مكونة من (ذكر وأنثى) وبالضغط الفجائى ينساب المعدن ويملأ كل تجاويف القالب فيتشكل بشكله تماما وتخرج القطعة واضحة التفاصيل ناطقة التقاسيم حادة الأركان .

أما اذا استعيض عن طريقة السك بصهر المعدن ثم صبه فى القوالب فان المعدن يجمد قبل أن يملأ القالب تماما نظرا لقلة سمك القطع المطلوب صنعها فتخرج مبهمة غير واضحة ، وسك المعدن على البارد يكسبه رنينا خاصا يميزه عن نظيره المسبوك .

قابلية الالحام — هى الخاصية التى يمكن بواسطتها لقطعتين من معدن واحد أو من معدنين مختلفين أن تلتحما وتكونا كتلة واحدة متماسكة دون استخدام أى وسيط من مواد الالحام، وذلك بوضع سطح إحداهما على سطح الأخرى وضغطهما ضغطا مناسبا فى أحوال ملائمة .

ومن الضرورى أن يكون سطحا الالتحام نظيفين جدا وأن يكونا أيضا فى حالة تسمح بانسياب ذراتهما بسهولة تحت تأثير الضغط المسلط عليهما . وأغلب المعادن تحتاج للتسخين بدرجات مختلفة حتى تصبح فى حالة عجينية تساعدها على الانسياب ، فالرصاص مثلا يمكن لحامه وهو بارد أو عند تسخينه قليلا، لكن الحديد لا يمكن لحامه إلا اذا رفعت حرارته لما يقرب من الدرجة البيضاء .

وأغلب المعـادن تتأكسد عند تسخينها ، فلضمان التحامها يلزم إزالة الأوكسيد عنها حتى يمكن لسطحى الالتحام أن يلتصق أحدهما بالآخر تماما . ولهذا السبب يصعب لحام الرصاص فى الأجواء الرطبة لأنه يتأكسد بسهولة فى هذه الأجواء إذا عرض لهـا مدّة قصيرة فى درجات الحرارة العادية ، أما الذهب فانه يلتحم بسهولة اذا كان نقيا وذلك لطراوته ولعـدم قابليته للتأكسد .

ويلزم للحام الحديد الخـام إما تسخينه لدرجة حرارة عالية جدا تصهر الأوكسيد المتكون على سطحى الالتحام وتحوله الى سائل ، وإما رش قليل من الرمل على هذين السطحين فيتحد الرمل مع الأوكسيد ويكون مركبا كيميائيا سائلا هو سليكات الحديد ، فاذا ما وضع سطحا الالتحام أحدهما فوق الآخر وطرق عليهما فان السائل ينضغط من بينهما ويتركهما نظيفين فيلتحمان بسهولة ، وفى لحـام الصلب يستخدم فى الغالب بدلا من الرمل خليط مركب من عشرة أجزاء من البوراكس وجزء من النشادر وجزء من الرمل .

ويمكن للرصاص والقصدير أن يلتحما بعضهما ببعض دون صعوبة كبيرة، فاذا طبق لوح من القصدير على لوح من الرصاص ووضعا فى آلة الجلخ فانهما يلتحمان ويكونان لوحا واحدا مركبا .

وأكثر المعادن قابلية للحـام هى البلاتين والذهب والفضة والرصاص والقصدير والحديد والنيكل .

القدرة على التوصيل الحرارى والكهربائى — المعادن على وجه العموم موصلات جيدة للحرارة والكهرباء ، والجدول الآتى يبين القدرة النسبية على التوصيل لبعض المعادن :

المعـــدن	التوصيل الحـرارى	التوصيل الكهربائى
الفضة	١٠٠٠	١٠٠٠
النحاس	٧٤٨	٩٤١
الذهب	٥٤٨	٧٣٠
الألومنيوم	—	٥١١
الزنك	—	٢٦٦
البلاتين	٩٤	١٦٦
الحديد	١٠١	١٥٥
النيكل	—	١٢٠
القصدير	١٥٤	١١٤
الرصاص	٧٩	٧٦

وقدرة المعدن على التوصيل الكهربائى تقل كثيرا إذا ارتفعت درجة حرارته أو إذا اختلط بمواد غريبة ، فالنحاس غير النقى تقل قدرته على التوصيل الكهربائى حتى تعادل الحديد تقريبا .

والسبائك المعدنيـة على العموم موصلات رديئة لكنها قل أن تتأثر بالحرارة .

مقاومة العوامل الجوية والعوامل الكيميائية — فى كثير من الأغراض الصناعية تختلف صلاحية المعادن باختلاف مقاومتها لفعل العوامل الجوية والكيميائية . فكلما كانت هذه المقاومة أكبر كان المعدن أكثر صلاحية ،

والواقع أن اختلاف هــذه المقاومة فى المعــادن يعزى إلى اختلاف ميلها الكيائى للاتحاد مع الأوكسيجين أو بعض المواد الأخرى . فمن المعــادن ما يتحد مباشرة مع أوكسجين الهواء الجوى فى درجة الحرارة العادية كالحديد ومنها ما يتحد معه بالتسخين كالزنك والرصاص .

ولمــا كان الهواء الجوى يحتوى على بعض غازات كثانى أوكسيد الكربون ومقدار من الرطوبة وجزء من ثانى أوكسيد الكبريت فان تلك الغازات تتحد مع بعض المعادن أو تسهل اتحادها مع أوكسيجين الهواء . فرطوبة الجو مثلا تساعد على اتحــاد الحديد مع أوكسيجين الهواء مكونة طبقات رقيقة هشة من أوكسيد الحديد تعلو سطح الأول ثم تمتص بسرعة أوكسجين الهواء وتدفعه إلى داخل المعدن حيث يتحول الحــديد جميعه مع الزمن إلى أوكسيد الحديد .

ومن المعادن ما يتحد سطحه الخارجى بأوكسيجين الهواء مكونا أوكسيدا يكون بمثابة مادة عازلة تقى المعدن من التأثيرات الجوية . مثال ذلك الرصاص والزنك . كذلك النحاس عند تعرضه للهواء الجوى الرطب يتحــد مع ثانى أوكسيد الكربون مكونا كربونات النحاس التى تعزل سطحه الخارجى عن التأثيرات الجوية . وأشد المعادن تأثرا بالهواء الجوى هو الحديد ويشاهد ذلك بوضوح فى المناطق الرطبة التى تجاور البحار حيث يتحد الأوكسيجين بسهولة مع الحديد فيحدث فيه تآكلا يظهر أثره على شكل حفر صغيرة تعلو كل سطحه . وتتحد أكاسيد الكبريت الموجودة فى الهواء بمعظم المعادن تقريبا مكونة لكبريتيد تلك المعادن ، مثال ذلك ما يحدث فى المناطق التى تكثر فى أجوائها أكاسيد الكبريت كالمناطق المجاورة لينابيع المياه الكبريتية مثل حلوان ، فان هذه الأكاسيد تتحد بالحلى الذهبيــة والفضية فتكسوها

طبقـة سوداء هى كبريتيد تلك المعادن . ويتأثر الرصاص بثانى أوكسيد الكربون فيقتم لونه الفضى .

وتختلف درجة تأثر المعادن بالعوامل الجوية تبعا للمناطق المختلفة ، ولذلك تجرى على المعادن عمليات عديدة لوقايتها تختلف باختلاف المعدن المستعمل والمنطقة المستعمل فيها . وعلى العموم فان أسهل طريقة لوقاية المعدن هى طلاء سطحه بمركب كيميائى فى أغلب الأحوال يحتوى على أوكسيد معدن آخر فيكون هذا الطلاء بمثابة طبقة عازلة فوق سطحه . وأهم تلك الأكاسيد السلاقون الأحمر (أوكسيد الرصاص الأحمر) ، وأبيض الزنك (أوكسيد الزنك) . كذلك دلت التجارب على أن صقل المعدن صقلا جيدا يدمج ذرات سطحه بعضها ببعض ويسد المسام الجزئية فيجعلها أقل تأثرا بالهواء الجوى وغازاته . ومن أجل ذلك شاع أخيرا صقل المعادن بمعدن آخر أشد منه صلابة ، فاستعمل المـاس فى صقل الصلب والحديد . ومن أحسن الطرائق وأكثرها انتشارا استخدام المعـادن الأقل تأثرا بالهواء الجوى كمادة واقية للمعادن الأشد تأثرا فتطلى الأخيرة بطبقات رقيقة من الأولى كما هو مشاهد فى تغطية السطح الخارجى لألواح الحديد والصلب (ألواح الصاج) بطبقات من القصـدير أو الزنك . وفى طلاء بعض الأوانى الحديدية أو النحاسـية بطبقات من النيكل أو الفضة أو الذهب . وتطلى المعادن بطريقتين :

الأولى : طريقة الترسيب الحرارى ، وذلك بغمر المعدن فى المعدن الواقى المنصهر .

الثانية : طريقة الترسيب الكهربائى ، وذلك بترسيب المعدن الواقى على سطح المعدن بواسطة تيار كهربائى .

وقد ظهرت حديثا (طريقة الرش) لتغطية المعادن وطلائها، وذلك برش المعدن الواقى المنصهر كالزنك على السطح المراد وقايته . وقد استعملت هذه الطريقة بنجاح كبير فى رش بدن المراكب وقاية لها من تأثير الماء الملح والتأثيرات الجوية .

والمعادن على العموم لا تقاوم فعل الأحماض لأنها تحل محل أيدروجين هذه الأحماض وتكون مركبات كيميائية تسمى أملاحا ، لذلك لا تستخدم المعادن قط فى عمل الأوعية المعدة للأحماض إلا فى الضرورات القصوى .

الفصل الثانى

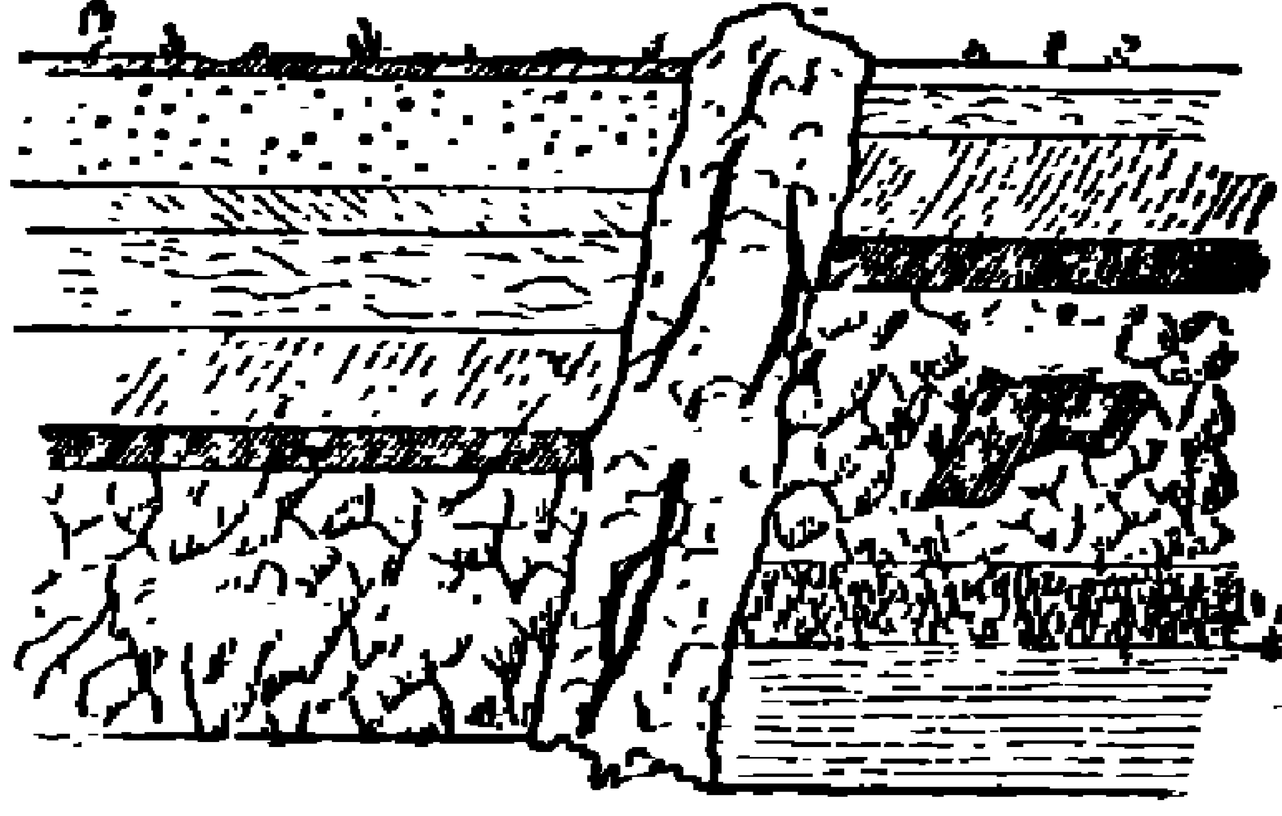
بعض الاصطلاحات والعمليات الهامة المستخدمة في علم استخلاص المعادن ، الأفران ، البيرومترات ، المواد الصلصالية

المعدن البكر — قليل من المعادن ما يوجد فى الطبيعة طليقا على حالته المعدنية . وما يوجد منها على هذه الحالة يمكن أن يطلق عليه اسم المعدن البكر ، تمييزا له عن غيره . فالبلاتين بأجمعه ، وأغلب الذهب وبعض الفضة والنحاس والزئبق والبزموت والزرنيخ توجد على هذه الحالة . ويكون المعدن حينئذ إما على شكل عروق كبيرة الحجم مخترقة طبقات الصخور ، وإما على شكل حصى صغير منتشر فى باطن الصخر ، وإما على شكل رواسب مختلطة بالرمال تتخلف فى منخفضات الأنهار .

المعدن الغفل — بيد أن أغلب المعادن وأكبر كمياتها توجد عادة فى الطبيعة غير طليقة ، بل تكون متحدة مع عناصر أخرى على هيئة مركبات كيميائية تخفى حقيقتها المعدنية . فان كانت هذه المركبات تحتوى على كمية كبيرة من المعدن بحيث يمكن استخلاصه منها بسهولة ويكون ناتجه جيد النوع مضمون الربح فان هذه المركبات تنعت بالمعادن الغفلة . أما اذا كان الأمر بعكس ذلك فان هذه المركبات تهمل كلية ، ولا يطلق عليها هذا الاسم .

والمعادن الغفلة توجد غالبا فى باطن الأرض ، وقد توجد أحيانا فى حفر مكشوفة للهواء . وتكون فى الحالة الأولى إما على شكل طبقات منتظمة

منبسطة بين الطبقات الصخرية وعلى محاذاتها وإما متجمعة على شكل أكوام غير منتظمة .



(شكل ١)

قطاع يبين الحالات المختلفة للمعدن الغفل بين طبقات الأرض

لكن الكثير منها يوجد فى صدوع (شقوق) متكونة بين الصخور ومخترقة طبقاتها وتكون مصحوبة بأخلاط لامعدنية تملأ هذه الصدوع مثل الكوارتز والميكا والكلوريت والسليكات والكلسيت والدولوميت وغيرها من الأخلاط الطفلية والرملية . وقد ينفذ المعدن الغفل من هذه الصدوع أحيانا إلى سطح الأرض ويبرز منها على شكل نتوء . ونظرا لتعرض هـذا النتوء للتأثيرات الجوية فان معالمه قد تتغير غالبا تغيرا كليا بفعل الهـواء والرطوبة فيتحول الكبريتيد الى كبريتات وأوكسيد ، وتتحول الكربونات إلى كربونات مائية وغير ذلك . وقد يمتد أثر هذا التغير أحيانا إلى أسفل حتى يصل الى مستوى الطبقات المـائية . وشكل (١) يبين الحالات المختلفة التى توجد عليهـا المعادن الغفلة فى باطن الأرض وفوق سطحها .

وأكثر المعادن الغفلة انتشارا فى الطبيعة لاستخلاص المعادن هى :

المعدن الغفل	التركيب	المعادن التى توجد على هذه الحالة
أوكسيد	معدن وأوكسجين	الحديد . النحاس . الزنك . القصدير . المانجنيز . الكروم . الأنتيمون . الألومنيوم .
كبريتيد	معدن وكبريت	النحاس . الرصاص . الزنك . الأنتيمون . الفضة .
كربونات	معدن وكربون وأوكسجين	الحديد . النحاس . الزنك . الرصاص . المانجنيز .
فلوريد	معدن وفلور	الألومنيوم
كلوريد	معدن وكلور	النحاس . الفضة .
فوسفات	معدن وفوسفور وأوكسجين	الرصاص .
زرنيخيد	معدن وزرنيخ	النيكل . الكوبلت .
سليكات	معدن وسليكون وأوكسجين	النحاس . الزنك . النيكل .

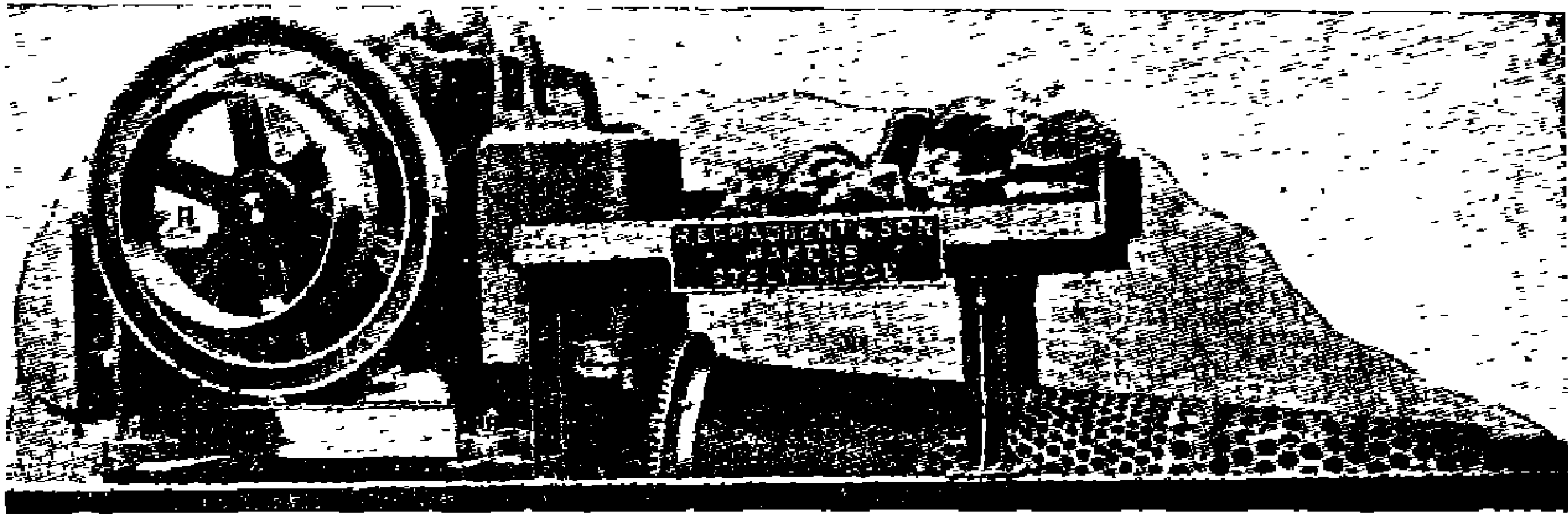
وهناك خلاف ما ذكر مركبات أخرى تعتبر معادن غفلة منها ما يدخل الماء فى تركيبه كبعض الكربونات والأوكسيدات المائية .

تجهيز المعدن الغفل — تجرى على المعدن الغفل بعد استخراجه من منجمه بعض عمليات ضرورية لفصله عن الأخلاط اللامعدنية الموجودة معه ، وتسمى عمليات التجهيز . فبعض المعادن يمكن فصلها لدرجة مناسبة عن أخلاطها بفرزها باليد ثم إزالة الصخور وبقية الأخلاط العالقة بها بواسطة مطرقة . لكن اذا كانت المعادن الغفلة مستخرجة من صدوع الصخور فان الأخلاط تكون ملتصقة بها التصاقا دقيقا ، وفى هذه الحالة يستدعى الفصل إجراء بعض عمليات محكمة . وأغلب هذه العمليات مبنى

على فرق الكثافة النوعية للمواد المطلوب فصلها ، اذ المواد المعدنيـة تكون على العموم أثقل من الأخلاط اللامعدنية العالقة بهـا ، فاذا ما سلط على المعدن الغفل تيار من المـاء المتدفق فان المواد المعدنية لا تتزحزح عن مواضعها الا قليلا لثقلها ، بينما المواد اللامعدنية الخفيفة تندفع مع التيار .

وتتلخص عمليات الفصل فى هذه الحالة فيما يأتى :

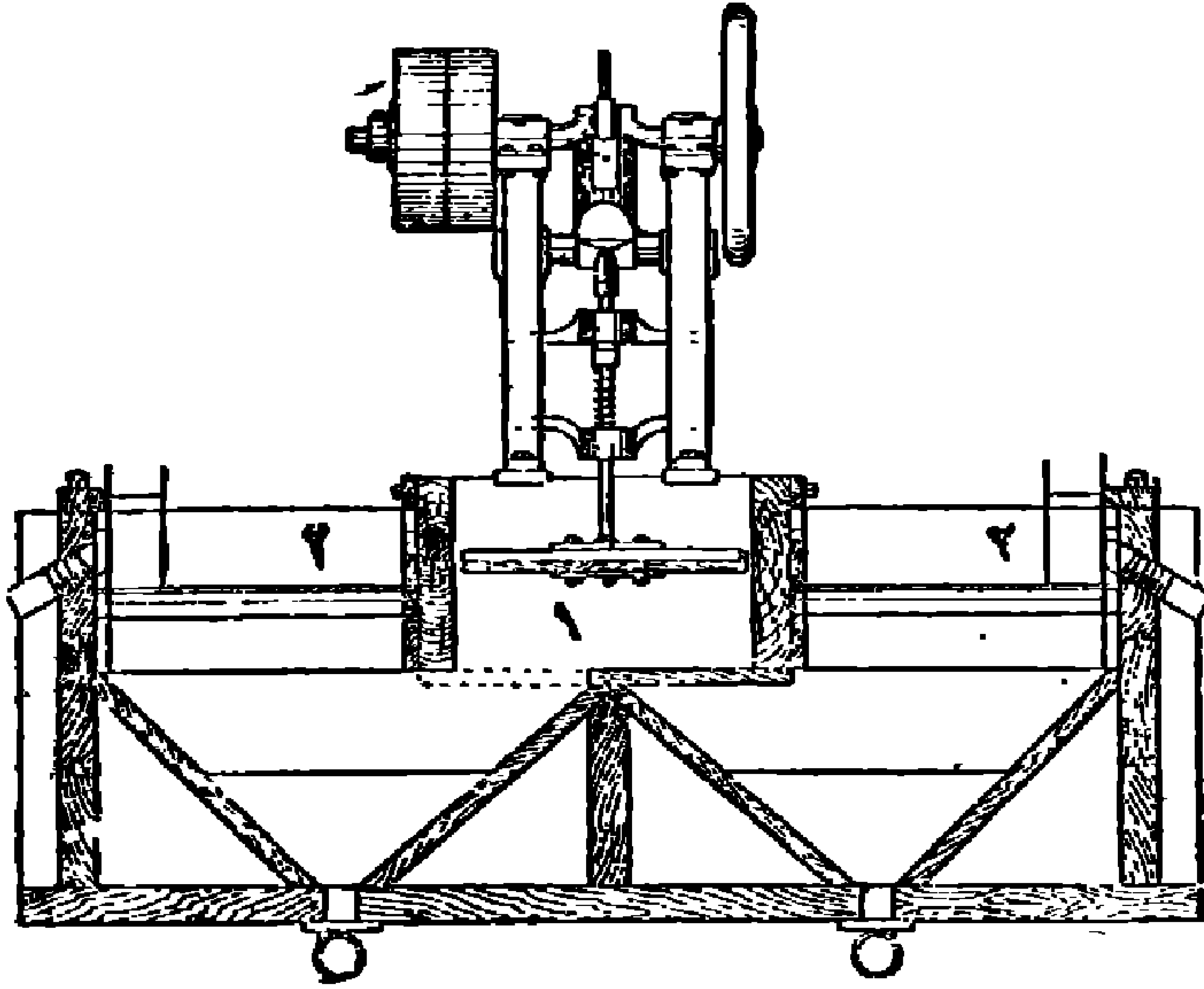
يكسر المعدن الغفل أولا إلى قطع مختلفة الأحجام بواسطة آلات متنوعة بعضها يشـبه آلات تكسير زلط البازلت المستخدم فى رصف الشوارع فى البلاد المصرية وشكل (٢) يبين إحدى هذه الآلات . ثم يفرز كل حجم



(شكل ٢) آلة تكسير المعادن الغفلة

عن غيره بواسطة غرابيل خاصة تمهيدا لغسله . فالأحجام المتوسطة تغسل فى جهاز يعرف باسم الغربال المـائى ، ويتركب من صناديق خشبية قليلة الارتفاع قاعها مصنوع من شبكة سلكية ذات ثقوب مناسبة . وهـذه الصناديق إما أن تتحرك آليا حركة ترددية رأسـية فى حوض من المـاء وإما أن تثبت وتعطى الحركة الترددية للـماء بواسـطة كباس شبيه بكباس الطلمبة المـائية . فالحركة الترددية فى الحالتين تدفع المـاء خلال الصناديق

إلى أعلى فيحمل معه الأخلاط اللامعدنية الخفيفة إلى السطح حيث تمكن إزالتها بسهولة وشكل (٣) يبين الغربال المائى ذا الكباس .

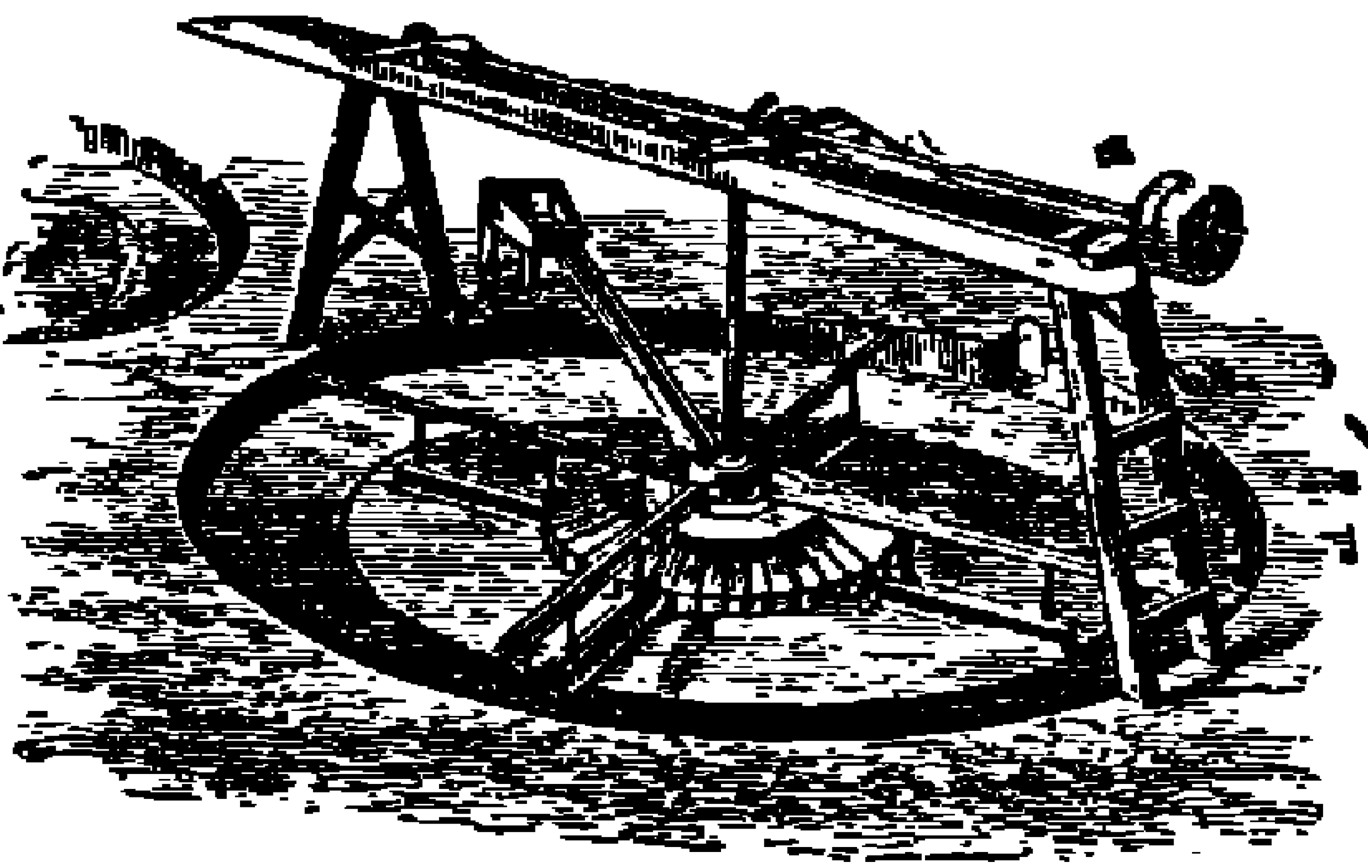


(شكل ٣)

الغربال المائى ذو الكباس

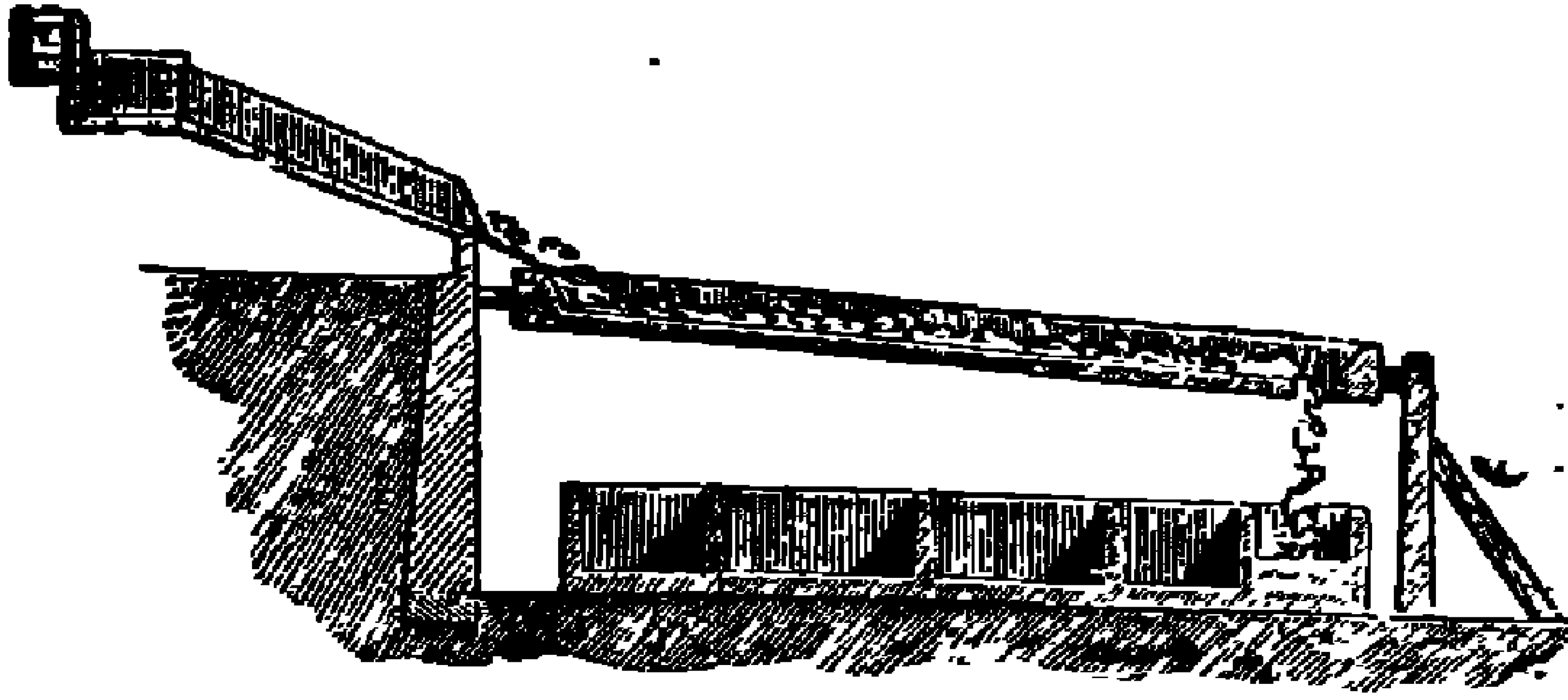
١ — الكباس ٢ — الصناديق

أما اذا كانت الأحجام صغيرة نوعا ما فانه يستعمل لغسلها جهاز الطبلية شكل (٤) وهو يتركب من طبلية مستديرة يتوسطها مخروط قليل الميل ، وتدور حول هذه الطبلية جملة أذرع تحمل فرشا لفصل الأخلاط ، فيصب المعدن الغفل ممزوجا بكثير من المـاء على قمة المخروط أثناء دوران الفرش ويسلط عليـه شؤبوب مستمر من المـاء فتتدحرج الأخلاط الى أسـفل المخروط حيث تزيحها الفُـرَش بعيـدا ويحملها تيار المـاء معه .



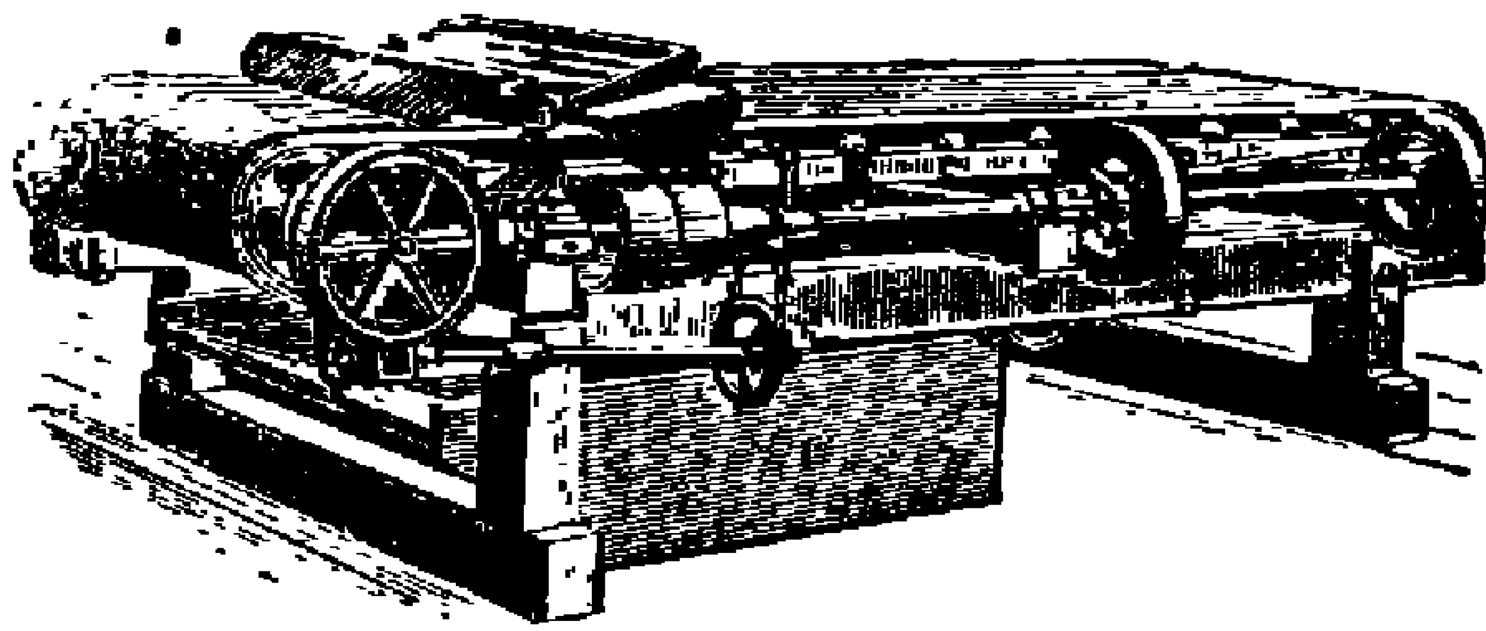
(شكل ٤) جهاز الطبلية

كذلك تغسل الأحجام الصغيرة فى نوع من المجارى الخشبية المائلة (شكل ٥) فتوضع قطع المعدن الغفل فى الطرف المرتفع ويسلط عليها تيار ضعيف من الماء ، وفى الوقت نفسه تقلب بواسطة مجرفة فيحمل الماء معه المواد الخفيفة الى أسفل المجرى .



(شكل ٥)
المجارى الخشبية المائلة

أما اذا كانت الأحجام صغيرة جدا فانه يستعمل لغسلها وفصلها من أخلاطها جهاز ذو سير لا نهائى كالمبين فى (شكل ٦) . وهناك بعض عمليات



(شكل ٦)
غربال السير اللانهائى

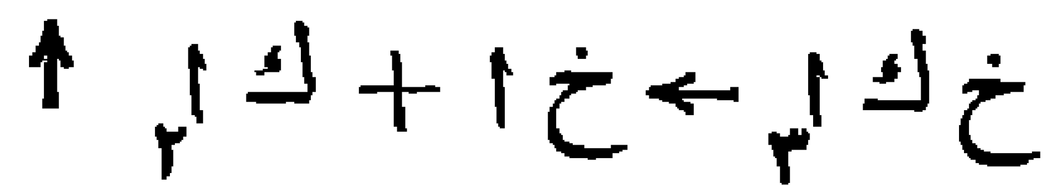
تجهيزية أخرى خاصة بكل معدن على حدة سنوفيها حقها فى الفصول الخاصة بها . واقتصادا فى النفقات تجرى عمليات التجهيز بجوار المناجم ، وينقل المعدن الغفل بعد ذلك الى المناطق المعدة لصهره ولو أن بعض الأخلاط اللامعدنية ما تزال عالقة به .

التكليس — [1] تحتاج بعض المعادن الغفلة الى إجراء عملية أخرى عليها بعد تجهيزها تســمى عملية التكليس ، وتتلخص فى "تسـخين المعدن الغفل ببــطء على درجة حرارة أقل من درجة حرارة صهره وفى مورد غزير من الهواء ، وتجرى هذه العملية على الأخص فى المعادن الغفلة التى تكون غير صالحة للصهر مباشرة بالحالة المستخرجة عليها من منجمها ، كأن تكون مثلا محـتوية على كبريت أو ماء أو كربون أو غير ذلك من المواد المتطـايرة ، فالتحميص يؤكسد هـذه المواد ويطردها فتخرج على شكل غازات ، وما يتبقى بعد ذلك من المعدن الغفل يكون صالحا للصهر .

والغالب فى المعادن الغفلة المفتقرة إلى التكليس أن تتحول عند تكليسها إلى أوكسيدات ، وهاك بعض الأمثلة على ذلك :

أنواع الكبريتيد يحترق منها الكبريت ويتصاعد على هيئة غاز ثانى أوكسيد الكبريت ، بينما يتحد المعدن فى الوقت نفسه مع أوكسجين الهواء فيتحول إلى أوكسيد[2] وأنواع الكربونات تتحلل بالتحميص فيتصاعد منها غاز ثانى أوكسيد الكربون وما يتبقى بعد ذلك يكون أوكسيدا . مثال ذلك :

كربونات الزنك بالتسخين = أوكسيد الزنك + غاز ثانى أوكسيد الكربون

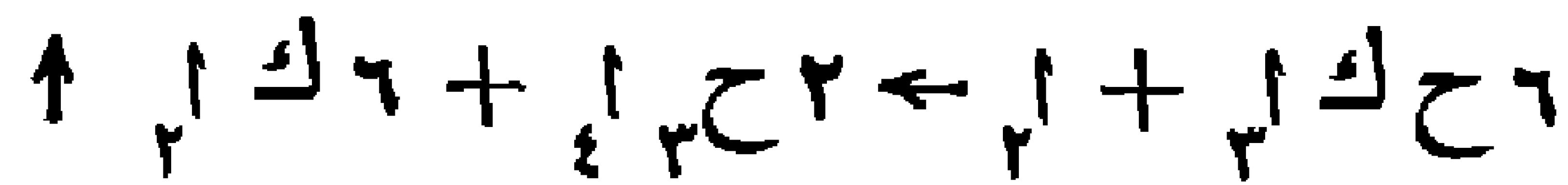


وبعض أنواع الأكاسيد المنخفضة (أى المحتوية على نسب صغيرة من الأوكسجين) تتحول بالتكليس إلى أكاسيد عالية ، وهذا التحول مهم جدا

(١) ويسمى أيضا التحميص .

(٢) قد يكون احتراق الكبريت جزئيا فى بعض الأحيان فيتحول الكبريتيد الى كبريتات . مثال ذلك : كبريتيد الحديد والنحاس والزنك والرصاص والفضة فانها تتحول كلها الى كبريتات أثناء التحميص .

فى صهر الحديد لأن الأكاسيد المنخفضة إن وضعت كما هى فى أفران الصهر تفسدها ، كما تسبب ضياع جزء كبير من عنصر الحديد أثناء الصهر ، وعلى ذلك فجميع أكاسيد الحديد المنخفضة يلزم تكليسها قبل صهرها فيطرأ عليها التحول الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية :



كربونات الحديد + أوكسجين = حديد مغناطيسى (أحد أكاسيد الحديد) + غاز ثانى أوكسيد الكربون .

وقد يؤخذ المعدن الغفل بعد تكليسه مباشرة إلى أفران الصهر أو قد تجرى عليه بين عمليتى التكليس والصهر بعض عمليات لتركيزه الى كتل صغيرة غنية بالمعدن . مثلا بيريطيس النحاس وهو مركب من النحاس والحديد والكبريت ويعتبر أهم معدن غفل لاستخلاص النحاس ، ويحتوى على نحو ١٢٪ منه أو أقل تجرى عليه عملية التركيز فيتحول إلى كبريتيد النحاس الغنى بالمعدن المذكور . كذلك النيكل والكوبلت يركز غفلاهما عادة على هيئة زرنيخيد .

والحرارة اللازمة للتكليس تتولد إما من احتراق المواد القابلة للاشتعال الداخلة فى تركيب المعدن الغفل كالكربون فى الحديد الغفل الأسود ، والكبريت فى بعض أنواع النحاس الغفل ، وإما باضافة قليل من الوقود الى المعدن الغفل أثناء تكليسه . وللتكليس مزايا كثيرة يتوقف عددها على نوع المعدن الغفل . لذلك سنرجىء ذكر هذه المزايا إلى حين دراسة كل معدن على حدته .

الصهر — ويشمل جميع العمليات التى يستخلص بواسطتها المعدن من مركباته وبعض الأخلاط الباقية فيه بواسطة الصهر . وعمليات الصهر متعددة

وتختلف باختلاف المعادن كما تختلف للعدن الواحد وسنأتى على ذكر هـذه العمليات تفصيليا فى مناسباتها .

الاختزال — ومعناه كيمائيا استخلاص المعدن من مركباته الكيمائية فاختزال الأكاسيد يكون باضافة مواد كربونية عليها كفحم الخشب أو فحم الكوك أو الفحم الحجرى ، وبتسخين الجميع يتحد كربون[1] هذه المواد مع أوكسجين الأكاسيد مكونا أول أو ثانى أوكسيد الكربون تبعا لدرجة الحرارة التى يحصل عندها الاختزال، ويعتبر أول أوكسيد الكربون عاملا مختزلا قويا لأنه يتحد مع أوكسجين الأوكسيد مكونا ثانى أوكسيد الكربون . كذلك يعتبر الايدروجين عاملا مختزلا لأنه يختزل الأوكسيد مكونا بخار المـاء .

وفى المركبات التى من أنواع الكبريتيد تستعمل للاختزال معادن أخرى أكثر شراهة للكبريت من المعدن المطلوب استخلاصه ، وبالتسخين تتحد تلك المعادن مع الكبريت وتترك المعدن الداخل فى تركيب الكبريتيد حرا . مثال ذلك تسخين الحـــديد مع كبريتيد الرصاص فان الأول يختزل الثـانى مكونا كبريتيد الحديد ورصاصا حرا . وقد يستعمل الهواء كعامل مختزل فمثلا كبريتيد الزئبق إذا سخن فى تيار من الهواء فان الكبريت يتحد مع الأوكسجين ويتصاعد على هيئة ثانى أوكسيد الكبريت ثم يتبخر الزئبق من تأثير الحرارة ويستقبل فى أوانى حيث يكثف .

مساعدات الصهر — هى مواد تضاف عادة إلى أفران الصهر مع المعادن الغفلة فاما أن تنصهر وتذيب الأخلاط المتنوعة العالقة بهذه المعادن واما أن تتحد كيمائيا مع هـذه الأخلاط وتكون أوساخا قابلة للصهر فى درجة حرارة

---

(١) المـادة الفعالة فى اختزال المركبات المعدنية وفصل المعدن عنها تسمى "العامل المختزل" كالكربون فى هذا المثال .

الأفران المذكورة ، فتتحول هذه الأوساخ إلى سوائل يمكن إزالتها والتخلص منها بسهولة . مثلا فلوريد الكلسيوم واسمه بالانجليزية Fluor-spar هو مساعد صهر من النوع الذى ينصهر ويذيب الأخلاط المكونة من فوسفات الجير وأشباهها ، أما الجير فهو مساعد صهر من النوع الذى يتحد كيميائيا مع الأخلاط الطفلية والرملية ويكوّن معها أوساخا قابلة للصهر .

والأسباب الرئيسية التى تدعو لاستخدام مساعدات الصهر ترجع الى أن الأخلاط العالقة بالمعادن الغفلة تحدث تأثيرا ضارا أثناء استخلاص المعادن من غفلها . كأن تعيق تجمع المعدن بعد اختزاله أو تؤخر عملية الاختزال بالتفافها حول المعدن الغفل وحمايته نوعا ما من فعل العامل المختزل أو تتحد كيميائيا مع المعدن فى درجات الحرارة العالية فتكون معه مركبات لا فائدة منها. لذلك كان من المحتم استخدام مساعدات صهر تستأصل هـذه الأخلاط وتبعدها عن المعدن عند استخلاصه . ومساعدات الصهر التى تستخدم فى حالة ما تتوقف على التركيب الكيميائى للأخلاط الموجودة فى المعدن الغفل ومقدارها .

والأخلاط تنقسم عادة الى قسمين :

أخلاط قاعدية مكونة من أوكسيدات أو كربونات بعض المعادن كحجر الجير والدولوميت الخ . وأخلاط حمضية مكونة من السليكا وبعض المركبات المحتوية عليها كالرمل (أوكسيد السليكون) والطفل (سليكات الألومنيوم) الخ. فالأخلاط الحمضية ان كانت من السليكا فقط فانه يضاف عليها مساعد صهر من أوكسيد الحديد أو مساعد صهر مركب من الجير والألومينا والمغنيزيا . وان كانت من الطفل فانه يكتفى بمساعد صهر من الجير فقط. أما ان كانت الأخلاط قاعدية كأوكسيدات المعادن أو المركبات القاعدية فانه يضاف اليها مساعد صهر من السليكا . وهناك بعض معادن غفـلة تحتوى على أخلاط

قاعدية وأخلاط حمضية معا فتتحد هـذه الأخلاط بعضها مع بعض أثنـاء عملية الصهر دون حاجة الى مساعد وتسمى " المعادن الغفلة ذات الانصهار الذاتى " . وأشهر المواد المستخدمة كمساعدات للصهر هى الآتية :

المادة	صفتها الكيميائية	اسمها الكيميائى
الجير	قاعدية	أوكسيد الكلسيوم
حجر الجـير	»	كربونات الكلسيوم
الحجر الجبلى	»	كربونات الكلسيوم والمغنزيوم
الألومينا	»	أوكسيد الألومنيوم
الطفل	حامضية	سليكات الألومنيوم
الرمل والكوارتز	»	أوكسيد السليكون
أوكسيد الحديد	قاعدية	أوكسيد الحديد
فلوريد الكلسيوم	»	فلوريد الكلسيوم

الخبث — الأوساخ السابق ذكرها الناتجة من اتحـاد مساعدات الصهر بالأخلاط الأرضية العالقة بالمعادن الغفلة أثناء صهرها تسمى فى العادة خبثا وتتألف فى الغالب من خليط من أنواع مختلفة من السليكات ، وعلى ذلك تشترك لحد ما مع الزجاج فى خصائصه وشكله لكن يختلف مظهرها باختلاف تركيبها ومعدل تبريدها. فالتبريد السريع يكسبها مظهرا زجاجيا والتبريد البطىء يعطيها مظهرا حجريا ، واذا تطايرت منها غازات أثناء تجمدها فانهـا تصير كالاسفنجة مملوءة بالمسام ولهذا السبب يطلق عليها المصريون لفظ "جَلَخ" .

المشاشة على البارد — هى عيب يتولد فى بعض المعادن من جراء وجود بعض مواد غريبة فيها ، ويتسبب عنه حصول تفتت أو تشقق فى أطراف هذه المعادن عند طرقها أو امرارها فى آلات الجلخ وهى باردة ، لكن

هـذا العيب لا يظهر فى الغالب فى هذه المعادن وهى ساخنة . فالفوسفور والسليكون والأنتيمون والزرنيخ تحدث هذا العيب فى الحديد الخام والصلب لكن الفوسفور هو أكبرها أثرا .

المشاشة على الساخن — هى عيب يتولد أيضا فى بعض المعادن ويتسبب عنه حصول تفتت أو تشقق فى أطراف هذه المعادن عند طرقها أو إمرارها فى آلات الجلخ وهى ساخنة فى درجة الاحمرار أو ما فوقه ، لكنه لا يظهر فى هذه المعادن وهى باردة الا نادرا . وينشأ هذا العيب غالبا فى المعادن من وجود نسبة من الكبريت فيها أكثر من اللازم ، غير أن النحاس والأنتيمون والفضة والكلسيوم قد تحدث نفس الأثر الذى يحدثه الكبريت .

الأفران المستخدمة فى معالجة المعـادن — توجد أنواع عديدة جدا من هذه الأفران يختلف بعضها عن بعض اختلافا بينا فى الشكل والطراز والتصميم ونوع العمل الذى تؤديه حتى ليصعب تقسيم هـذه الأفران بدقة الى أقسام معينة وضم كل طائفة منهـا تحت قسم خاص ، لكن تسهيلا للأمر يمكن على وجه التقريب فقط اطلاق اسم خاص على كل طائفة منها تجمع بين وحداتها أوجه شبه متمـاثلة أو بعض خصائص مشتركة ، مثلا يمكن تقسيم هذه الأفران الى ثلاثة طوائف تبعا لنوع الوقود المستخدم فيها كما يأتى :

(١) أفران تستخدم الوقود الصلب وهى أهم الثلاثة .

(٢) » » » الغازى وتلى الأولى فى الأهمية .

(٣) » » » السائل وهي أقل الثلاثة أهمية .

كذلك يمكن تقسيم أفران الطائفة الأولى الى ثلاثة أقسام كل قسم منهـا يشمل نوعين أو ثلاث كما يأتى :

(أ) الأفران التي يختلط فيها الوقود أو يتماس مع المواد المطلوب معالجتها وهذه تشمل :

(١) القمائن — وهى أفران ارتفاعها أعظم كثيرا من قطرها ولا يستخدم فيها تيار هواء صناعى ولا تنصهر فيها المواد المطلوبة معالجتها .

(٢) الأفران العالية — وارتفاعها أعظم كثيرا من قطرها ، لكن يستخدم فيها تيار هواء صناعى وتنصهر فيها المواد .

(٣) الأفران الواطئة — وهى أفران منخفضة لا يزيد ارتفاعها كثيرا عن قطرها . وبعض أنواعها يستعمل لتسخين المواد والبعض الآخر لصهرها .

(ب) الأفران التي لا يختلط فيها الوقود ولا يتماس مع المواد المطلوب معالجتها بل يوضع بعيدا عنها ويتماس فقط مع الغازات الملتهبة الناتجة من احتراق الوقود وتسمى الأفران العاكسة وتشمل :

(١) أفران التحميص — وتسخن فيها المواد فقط ولا تصهر ، ومرقد المعدن فيها إما أن يكون ثابتا وإما دوارا .

(٢) أفران الصهر — وتصهر فيها المواد .

(ج) الأفران التي لا تختلط فيها المواد المطلوبة معالجتها بالوقود ولا تتماس به أو بالغازات الملتهبة الناتجة من احتراقه وتشمل ما يأتى :

(١) الأفران المستورة — وغرف تسخين المعادن فيها مثبتة بها بجزء منها .

(٢) أفران البوادق — « « « عبارة عن بوادق متحركة مستقلة عنها .

(٣) أفران التقطير — وفيها تتبخر المواد المطلوب معالجتها وتصعد على هيئة أبخرة وهناك غير ماذكر أنواع أخرى كثيرة مثل أفران الترجيع الحرارى والأفران الميكانيكية والأفران الكهربائية ، وسنشرح جميع أنواع الأفران بالتفصيل كلا منها فى موضعه ومناسباته فى الفصول الآتية .

أجهزة قياس الحرارة — تقاس درجات الحرارة المنخفضة بواسطة الترمومترات المألوفة لنا . وهذه الترمومترات تقرأ لغاية ٣٠٠° مئوية ، فان زادت درجة الحرارة عن ذلك تستعمل ترمومترات خاصة تملأ أنابيبها ببعض غازات تمنع الزئبق من الغليان وتقرأ لغاية ٥٠٠° مئوية تقريبا . لكن درجات الحرارة التى تزيد عن ٥٠٠° مئوية لا يمكن قراءتها بواسطة الترمومترات قط بل تقرأ بواسطة أجهزة تسمى بيرومترات . وهذه البيرومترات تستعمل بكثرة فى تنظيم وقراءة درجات حرارة أغلب الأفران المستخدمة فى تسخين الصلب توطئة لطرقه أو تقسيته أو تخميره الخ .

وأشهر أنواع البيرومترات هى :

بيرومتر سيمنز ذو المقاومة الكهربائية — وهو مبنى على النظرية الكهربائية التى تقرر أن مقاومة الأسلاك لمرور التيار الكهربائى تتناسب طرديا مع زيادة درجة حرارتها ، ويتركب هذا الجهاز من ملف مصنوع من أسلاك البلاتين أو غيرها من المعادن ، وموضوع داخل أنبوبة من الصينى أو الكوارتز المصهور ، وطرفا الملف متصلان بعداد ذى ميناء مقسم بحيث تقرأ درجات الحرارة بدلا من المقاومة . ويركب هذا الجهاز على الفرن بحيث يكون العداد بعيدا عنه ، ويكون الطرف المقفل للملف معرضا لحرارة الفرن الكاملة فتزداد حرارته أو تقل تبعا لحرارة الفرن ، ثم يسمح لتيار كهربائى بالمرور فى الملف فيصادف مقاومة لمروره تتناسب مع درجة حرارة الملف فيظهر أثر هذه المقاومة فى العداد المقسم بحيث يحول المقاومة إلى درجات حرارة .

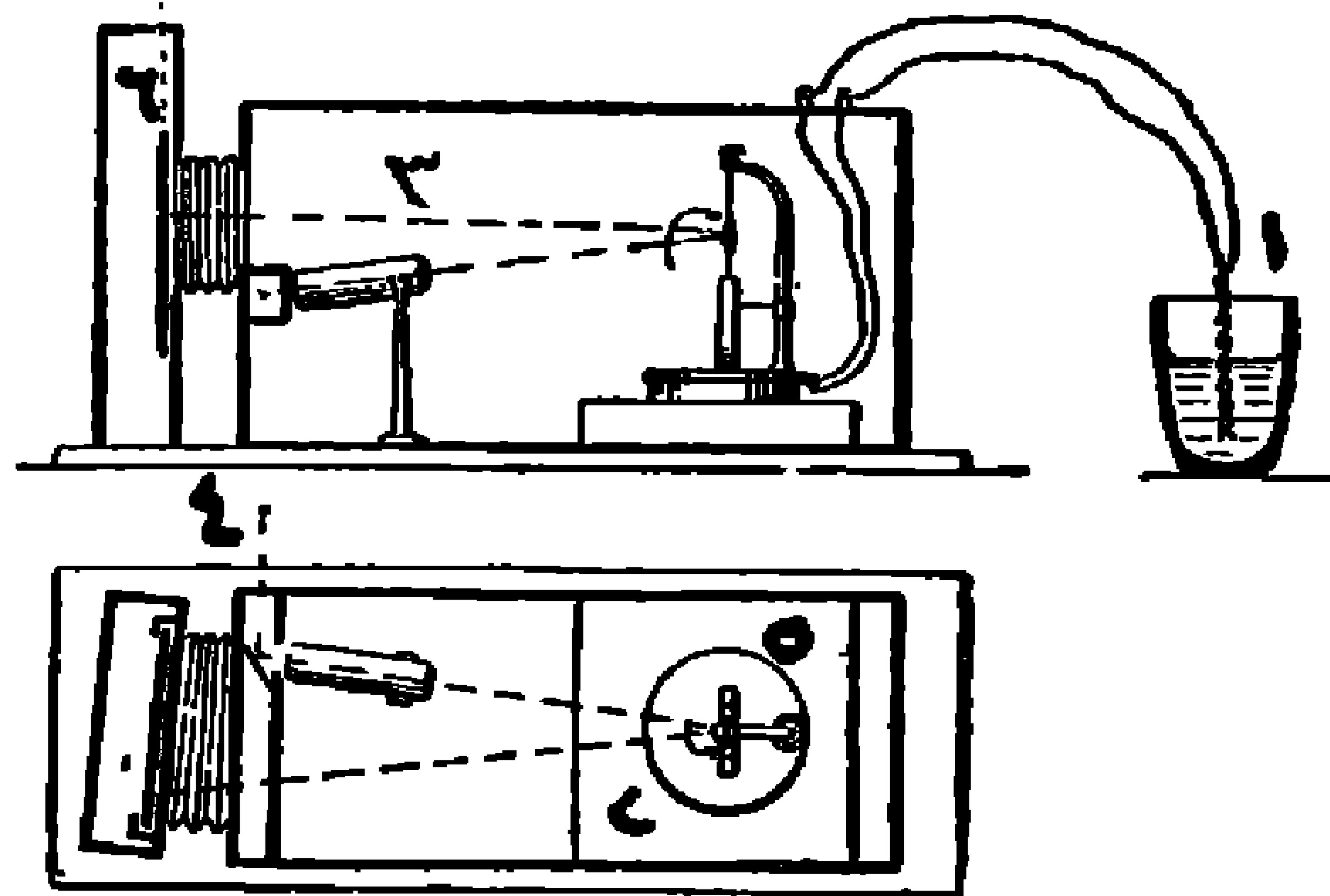
وهذا الجهاز يقرأ درجات الحرارة بدقة لغاية ١٠٠٠° مئوية .

البيرومتر الحرارى الكهربائى — وهو مبنى على النظرية الآتية :

إذا وصل طرف سلك بطرف سلك آخر من معدن مخالف له ثم ربطت نهايتاهما الحرتان بجلفانومتر فان هذا الجلفانومتر يسجل مرور تيار كهربائى منبعث بالسلكين إذا سخنت نقطة اتصالها . وهذا التيار مع ضعفه يتناسب طرديا فى قوته مع درجة حرارة نقطة الاتصال .

ويتركب هذا الجهاز من سلكين مختلفين فى معدنهما وطرف أحدهما متصل بواسطة اللحام أو اللف مع طرف الآخر . ونقطة الاتصال مغلفة بغلاف واق من الكوارتز المصهور وموضوع داخل الفرن المطلوب قياس درجة حرارته . أما النهايتان الحرتان للسلكين فمربوطتان بجلفانومتر مقسم بحيث يقرأ درجات الحرارة بدلا من وحدات الكهرباء. فاذا ما سخن الفرن سجل الجلفانومتر درجة حرارته . وهذا الجهاز أقل من سابقه فى دقة قراءاته ويستعمل لقراءة درجات الحرارة إلى ١٧٠٠° مئوية .

ومن أحسن البيرومترات المبنية على هذه النظرية بيرومتر شاتليه ، وشكل (٧) يبين هذا البيرومتر بعد أن أدخل عليه بعض التحسينات .



(شكل ٧) بيرومتر شاتليه

وهو يتركب من سلكين أحدهما من البلاتين الصرف والثانى من سبيكة من البلاتين ومعدن الروديوم Rhodium ملتويين معا عند إحدى نهايتيهما الموضـوعة فى غلاف واق مصنوع من المواد الصلصالية كما هو مبين عند « ١ » . أما النهايتان الحرتان للسلكين فيدخلان فى صندوق فوتوغرافى « ٣ » ويتصلان داخله بجلفانومتر « ٥ » ذى مرآة « ٢ » . فاذا وضعت نقطة اتصـال السلكين « ١ » داخل فرن فان التيار الكهربائى المتولد فى السلكين يحرك مرآة الجلفانومتر « ٢ » حركة زاوية تتناسب فى مقدارها مع درجة حرارة الفرن . ولقياس هـذه الحركة يسلط شعاع صـادر من مصباح « ٤ » يشتعل بالأكسجين والايدروجين ، فهـذا الشعاع يقع أولا على مرآة تتوسط بين الجلفانومتر والمصباح فينعكس منهـا على مرآة الجلفانومتر «٢» ثم ينعكس من الأخيرة على اللوحة «٦» المقسمة الى درجات حرارة . فاذا ما تحركت مرآة الجلفانومتر تبعا لدرجة حرارة الفرن فان الشعاع يتحرك أفقيا على هذه اللوحة «٦» فيمكن من ذلك قراءة درجة الحرارة . ولا يقتصر استعمال هذا الجهاز على قراءة درجة الحرارة فقط بل يستعمل لتسجيل درجات الحرارة المختلفة فى الفرن فى مدة معينة . ولذلك تركب عليه مجموعة تروس الساعة لتحرك اللوحة «٦» حركة رأسية . فاذا وضع بدلا من «٦» لوحة فوتوغرافية حساسة فانه يرتسم عليهـا منحن بيانى يبين تغير درجات الحرارة فى الفرن مع الزمن .

البيرومتر الاشعاعى — وهو يشبه الجهاز السابق فى تركيبه وطريقة تسجيله لدرجات الحرارة ولا يختلف عنه إلا فى كونه يوضع كله بعيدا عن الفرن . وتسلط الحرارة عليه بواسطة مرآه مقعرة تجمع أشـعة الحرارة من الفرن ثم تعكسها على نقطة اتصال السلكين فتولد فيهما التيـار الكهربائى الذى يمـر بالجلفانومتر .

البيرومتر الضوئى — ويوضع أيضا بعيدا عن الفرن . ونظريته مبنية على المقارنة بين لون الضوء الصادر من أية مادة متوهجة وبين لون شعاع مماثل صادر من مصباح كهربائى قياسى . ويتركب الجهاز من مصباح كهربائى موضوع داخل منظار ، والمنظار مجهز بأداة منظمة يمكن بواسطتها زيادة تيار الكهرباء المار بالمصباح أو تنقيصه ، فتزداد أو تنقص قوة اضاءة المصباح تبعا لذلك ، وللمنظار زجاجة حمراء فى نهايته ينظر خلالها الرائى حتى لا تتأثر عينه من شدة الضوء . فاذا ما أريد معرفة درجة حرارة فرن أو كتلة متوهجة من الصلب يحرك الجهاز المنظم فى المنظار حتى يتساوى لون الشعاع الضوئى الصادر من المصباح بلون الضوء الصادر من الفرن أو الكتلة المتوهجة وعندئذ يقرأ العداد فتكون قراءته هى درجة الحرارة المطلوب معرفتها .

وهذا البيرومتر مفيد جدا لا سيما لقراءة درجات حرارة كتل الصلب عند خروجها من الأفران أو بعد طرقها . وهو يستعمل بكثرة لسهولته ولامكان اعداده للعمل فى وقت قصير جدا .

المواد الصلصالية — تؤثر الحرارة على معظم المواد فتحيلها من الصلابة للسيولة ومنها للحالة الغازية كما انها تغير التركيب الكيميائى لهذه المواد مع وجود عوامل أخرى . والمعادن أشد من غيرها تأثرا بالحرارة لذلك لا تصلح لأن تصنع منها الأفران أو الأوانى اللازمة للصهر . الا أن هناك موادا أخرى لا تتأثر بالحرارة مهما ارتفعت درجاتها فلا تستحيل من حالة الى أخرى كما أنها لا تغير تركيبها الكيميائى ، مثال ذلك الطين العادى ومعظم تركيبه الكيميائى هو سليكات الألومنيوم فان جل ما تفعله الحرارة فيه أن تحيله من مادة صلبة الى مادة أصلب بينما يظل تركيبه الكيميائى كما هو سليكات الألومنيوم ، فأمثال هذا الطين يطلق عليها اسم المواد الصلصالية وتعرف بأنها المواد التى تتحمل

الحرارة الشديدة وفى الوقت نفسه تقاوم عوامل التآكل من جراء ملامستها للمواد الآكلة داخل الأفران .

وتستخدم المواد الصلصالية عادة فى صنع البوادق وفى بناء الأفران وتبطينها وغير ذلك ، و يوجد منها فى الطبيعة أنواع كثيرة ، لكن ما يصلح منها فى استخلاص المعادن قليل ، و يمكن تقسيمها حسب مسلكها الكيميائى الى ثلاثة أقسام وهى :

١ — مواد حامضية — ويدخل السليكا (الرمل) فى تركيبها بنسب كبيرة وتشمل جميع المواد الطفلية والرملية تقريبا ، ومواد هذا القسم تتحد بسهولة مع الأكاسيد القاعدية (أى المعدنية) فى درجات الحرارة المرتفعة وتكون معها مركبات قابلة للانصهار ، وعلى ذلك لا تصلح إذا كانت ستعرض للحرارة مدة طويلة فى حضرة معدن ، كذلك لا تصلح لتبطين محولات بسمر ولا الأفران الواطئة المفتوحة اذا كان الزهر الخام المطلوب تحويله الى صلب فى هذه الأفران يحتوى على فوسفور لأنها لا تستأصل الفوسفور منه ، وأهم أنواع هذا القسم هى :

(ا) الطين الحرارى — وهو أهم الأنواع وأكثرها استعمالا ، وهو عبارة عن سليكات الألومنيوم المائى أى أنه يتركب من ألومينيا (أوكسيد الألومنيوم) وسليكا وماء وقد يحتوى أحيانا على كميات بسيطة من الجير والمغنيزيا والصودا والبوتاس وأوكسيد الحديد . وهذا الطين لا ينصهر عند تعرضه لحرارة الأفران . وطريقة استعماله أن يعجن أولا ثم يشكّل للأشكال المطلوبة و بعد ذلك يحرق فيفقد الماء الداخل فى تركيبه الكيميائى و يتحول الى جسم صلب كالفخار يقاوم الحرارة و يمتص الماء دون أن يرجع الى حالته الأصلية التى كان

عليها فى الطبيعة . وأكبر عيوبه أنه عند حرقه ينكمش ، لذلك يراعى عند صنع قوالب أو ألواح أو كتل منه أن يجعل حجمها أكبر قليلا بقدر النسبة التى ينكمشها . وهو لا يصلح لصنع البوادق أو ما شاكلها لأنها عند انكماشها وقت حرقها إما أن تنكسر واما أن تتشوه . ولمعالجة ذلك تضاف عليه بعض المواد التى تمدد من تسخينها كفحم الكوك أو الجرافيت أو الرمل أو الصوان الخ . والقوالب الحرارية التى تصنع من هذا الطين يلزم أن تكون قوية ومنبطحة الحجم .

(ب) الجانستر — وهو نوع من الحجر الرملى حبيباته ملتصقة بعضها ببعض بواسطة مادة طفلية ، وعلى ذلك اذا سحق ثم بل بالماء وضغط فانه يتماسك جيدا . وأهم خصائصه أنه لا يتمدد ولا ينكمش عند حرقه ويستخدم كثيرا فى تبطين أفران البوادق ومحولات بسمر .

(ح) الرمل — ويستعمل على الأخص فى بطانة فرش الأفران الواطئة المفتوحة الخاصة بصناعة الصلب وكذلك فى أفران النحاس لأنه أثناء استعماله يتشرب الأوكسيدات المعدنية فيكون بطانة متينة تعمر طويلا .

٢ — مواد قاعدية — وتتكون على الأخص من أكاسيد المعادن ذات الخواص الصلصالة وهى تقاوم فعل المعادن لكنها تتفاعل بسهولة مع السليكا فى درجات الحرارة العالية . وأهم أنواع هذا القسم هى :

(ا) الجير — وعند تعريضه للجو يمتص الرطوبة منه ويتفتت وعلى ذلك فاستعماله محدود ، ويستخدم عادة فى صنع القوالب اللازمة لصهر البلاتين بلهب الأوكسى ايدروجين .

(ب) المغنيزيا — وهى أوكسيد المغنزيوم ويحصل عليها بتكليس المغنيزايت (كربونات المغنزيوم) وهى لاتمتص الرطوبة لكن قوة تماسكها ضعيفة، لذلك تخلط ببعض مواد تكسبها هذه الخاصية . وتستخدم عادة فى تبطين الأفران الواطئة المفتوحة ومحولات بسمر لصنع الصلب القاعدى وكذلك فى الأفران الكهربائية .

(ج) الدولوميت — وهو عبارة عن خليط من حجر الجير (كربونات الكلسيوم والمغنزيوم) . وعند تكليسه على درجة حرارة مرتفعة يطرد منه ثانى أوكسيد الكربون ويتبقى بعد ذلك خليط من الجير وأوكسيد المغنزيوم لا يتأثر برطوبة الجو ويصلح للاستعمال كبطانة قاعدية مثل المغنزيا تماما .

ويتم التكليس لهذا النوع من الحجر على درجة حرارة مرتفعة تقرب من درجة حرارة صهر الزهر حتى يكون انكماشه تاما قبل استخدامه فى عمل بطانات الأفران . والتكليس يفقده ٥٠ فى المائة من وزنه وحجمه الطبيعيين ، ولهذا السبب فهو من أصلح المواد الصلصالة لبطانة الأفران ، وبالنسبة لأن قوة تماسكه ضعيفة فانه يمزج ببعض المواد اللزجة كالقطران بنسبة ١٥ فى المائة وتبطن الأفران بهذا المزيج بدكه فيها بواسطة مدكات ساخنة .

٣ — مواد متعادلة — وهى التى تتعادل فيها المواد الحمضية والمواد القاعدية بحيث لا تتحد مع السليكا ولا مع الأكاسيد المعدنية . وأهم هذه المواد الجرافيت والكروميت (أى الحديد الغفل الكرومى) .

الفصل الثالث

الوقود

يمكن القول اجمالا أن الكربون والايدروجين هما العنصران اللذان يدخلان بأكبر نسبة فى تركيب معظم أنواع الوقود وينقسم الوقود الى ثلاثة أقسام : — (١) الوقود الصلب (٢) الوقود السائل (٣) الوقود الغازى .

وينقسم كل من هذه الأقسام الى قسمين : (أ) وقود طبيعى (ب) وقود محضَّر .

فمثلا الفحم الحجرى هو وقود صلب طبيعى ، أما الفحم الكوك والفحم النباتى (فحم الخشب) فهما وقودان صلبان محضران . كذلك زيت البترول الغفل فهو وقود سائل طبيعى أما البنزين فوقود سائل محضر من الأول . وبالمثل الكحول (الاسبرتو) فهو وقود سائل محضر من بعض النباتات بالتقطير . وفى بعض بقاع الأرض تخرج غازات مثل (غاز المستنقعات) قابلة للاشتعال فهذه تعتبر وقودا غازيا طبيعيا أما غاز المدن (غاز الاستصباح) فهو وقود غازى محضر من الفحم الحجرى .

ولما كان الفحم هو أهم وقود مستخدم فى استخلاص المعادن من غفلها فسنوفيه بعضا من حقه فى الشرح . أما بقية أنواع الوقود فخارجة عن موضوع كتابنا هذا ولذا سنضرب عنها صفحا .

وينقسم الفحم الى نوعين :

(١) فحم طبيعى وهو المستخرج من باطن الأرض .

(٢) فحم محضر وهو الفحم الكوك والفحم النباتى ، ويحضر الفحم الكوك من الفحم الحجرى ، ويحضر الفحم النباتى من خشب الأشجار .

الفحم الحجرى — أطلق عليه هذا الاسم لتعدينه من باطن الأرض ولتشابه كتله بعد قطعها بالكتل الحجرية . والأصل فى تكوين الفحم الحجرى هى النباتات التى نمت فى العهود البعيدة جدا ثم طمستها عوامل طبيعية فغارت فى جوف الأرض ثم تحولت بالتدريج وفقدت كل خصائصها الطبيعية والكيميائية الأصلية حتى أنه ليصعب عند التحليل الكيميائى تبين أصلها النباتى اذ أن مرور الزمن عليها جعلها تتبادل مع الأرض بعض العناصر .

ويوجد الفحم فى مساحات واسعة فى باطن الأرض أصلها غابات نامية ماتت بتكاثرها وغاصت فى أديم الأرض ثم طمستها السوافى وطغى عليها الماء فاكتست بالمواد الطينية ثم دب فيها البلى تدريجيا حتى أصاب الفناء أطرافها . أما أصولها فتحولت تدريجيا بتحللها وامتصاصها من عناصر الأرض الى كتل من الفحم الحجرى ، ومن الغريب أن تلك الكتل مع كثرة ضغط الأرض عليها حافظت على شكلها حتى أنه يمكن بسهولة تمييز جذع الشجرة وفروعها بالرغم من تحولها الى فحم حجرى .

وفى كثير من الأحايين نمت غابات على بقعة واحدة من الأرض ثم طمست فيها وبمرور الزمن تكونت فوق تلك الغابات المطموسة طبقات من

الأرض بعضها مكون من حجارة رملية وطمى ثم نمت على أديمها غابات أخرى وانطمست تلك الغابات بدورها وتحولت فحما . وقد تتكرر حالة النمو والانطماس عدة مرات فيصبح مقطع الأرض طبقات من الغابات المطموسة يعلو بعضها بعضا وتفصلها طبقات أرضية أو حجرية .

ويوجد الفحم موزعا فى باطن الأرض فى كثير من الممالك نخص بالذكر منها أهمها وهى الولايات المتحدة وانجلترا وفرنسا وألمانيا وبلجيكا واسبانيا والصين . والأخيرة هى أغنى بقاع الأرض جميعا فى الفحم الا أن مناجمها لم تستغل بحالة اقتصادية بعد .

ويستخرج الفحم من مناجمه بفحر آبار عميقة رأسية تتفرع منها سراديب متعددة تمتد الى مسافات بعيدة وتجرى فيها خطوط حديدية ضيقة تسير عليها عربات تجرها البغال غالبا . وتركب فى هذه السراديب الطلمبات اللازمة لرفع الماء الذى يرشح اليها نظرا لعمقها ثم تجهز بوسائل ضافية للتهوية لامداد العمال بما يلزمهم من الهواء الجوى الصالح للتنفس وفى الوقت نفسه لطرد الغازات السامة المتولدة والغازات القابلة للاشتعال كغاز المستنقعات . وكثيرا ما نسمع عن حوادث مروعة فى المناجم من أحد هذه الأسباب المتقدمة أو من ارتفاع درجة الحرارة فى باطن الأرض .

ويقطع الفحم الحجرى من مناجمه بواسطة أجنات طويلة تشتغل بالهواء المضغوط أو بالكهرباء . وهذه الطريقة استخدمت حديثا لزيادة الانتاج والاقتصاد ومن جهة أخرى لقطع كتل الفحم صحيحة فيقل التالف والمتخلف . وقد أمكن بهذه الأجنات قطع كتل الى عمق سبعة أقدام . وبعد قطع الفحم يشحن فى العربات الى قاع البئر حيث توضع العربات فى مصعد كبير يدفعها الى سطح الأرض .

وينقسم الفحم الحجرى الى أربعة أنواع وهى :

(١) الفحم البنى (اللجنايت) Lignite

(٢) الفحم البتيومينى Bituminous coal

(٣) الفحم الانتراسيت Anthracite

(٤) الفحم اللهبى Cannel coal

الفحم البنى — (اللجنايت) — هـذا النوع من الفحم ناتج من غابات طمست فى عهود ليست بعيدة ولما تتحول كليا الى فحم بتيومينى ولذا فهو وسط فى تركيبه بين الفحم البتيومينى والخشب . وهو موزع فى أوروبا بكثرة ويوجد فى أخاديد الصخور ومنه أنواع عديدة أهمها :

(ا) الخشب البتيومينى لونه بنى ويظهر عليه أثر بين من أصله النباتى .

(ب) الفحم البنى وهو أصلب من الأول دقيق التكوين ويظهر عليه أثر غير واضح من أصل تكوينه النباتى .

(ج) الفحم القارى (الزفتى) Pitch coal لونه بنى ضارب للسواد أو أسود . مكسره قاتم أو لامع . لا تظهر عليه آثار تكوينه النباتى .

وعموما ، فان الفحم البنى (اللجنايت) يحتوى على نسبة كبيرة من الرطوبة عقب تعدينه مباشرة ويحترق بلهب دخانى طويل . فقير فى سعره الحرارى ولا يستخدم فى صناعة المعادن الا فى الضرورات القصوى .

الفحم البتيومينى — لونه فى الغالب أسود ولو أن القليل منه ذو لون بنى ، يترك أثرا على اليـد عند ملامسته ، يحترق بلهب أصـفر وضاء مصحوب بدخان ، وعند سحقه وتسخينه فى معوجة بمعزل عن الهواء تخرج منه غازات

وأبخرة سوائل ويتبقى فى المعوجة بعد ذلك مادة صلبة هى فحم الكوك .
وينقسم الفحم البتيومينى تبعا للكوك الناتج منه الى قسمين :

(أ) الفحم العجينى Caking Coal — ويتحول عند تسخينه الى مادة طرية فتتجمع أجزاؤه ويلتصق بعضها ببعض وتكوّن كتلة مندمجة وعلى ذلك فالكوك الناتج منه يكون صلبا متماسكا لا يظهر فيه شكل قطع الفحم الأصلية المتكون منها .

(ب) الفحم الصلب Non-Caking Coal — وهذا النوع لا يتغير كثيرا فى شكله عند تسخينه فلا يتحول الى مادة طرية ولا يتماسك حتى أنه اذا سخن وهو على شكل مسحوق فأن الكوك الناتج منه يظل على هذا الشكل .

كذلك ينقسم الفحم البتيومينى تبعا للأغراض التى يستخدم فيها الى أقسام عديدة لكن يمكن من قبيل الحصر قصر هذه الأقسام على الأنواع الآتية :

(١) الفحم الصلب طويل اللهب Non-Caking Coal long flame — ويحتوى على نسبة كبيرة من الأوكسيچين والايدروچين . لونه أسود أو بنى ومظهره صلب متحجر . يستخدم فى الأفران العالية فى اسكتلندا واستافوردشير بانجلترا .

(٢) فحم الغاز — ويستخدم بكثرة فى تحضير غاز الاستصباح . .

(٣) فحم الأفران — ويستخدم بكثرة فى الأغراض العامة وبالأخص فى الاستعمالات المنزلية وقليلا فى تحضير غاز المدن وفى الأفران الكاسة ولا يصلح وقودا فى الأفران العالية لأنه عجينى النوع . ويترك حوالى ٧٥٪ من فحم الكوك .

(٤) الفحم الحجرى الخاص بصناعة الكوك — وهو من النوع العجينى ينتفخ عند التسخين وتظهر عليه دلائل شبيهة بالانصهار و يترك نحو ٨٠ ٪ من وزنه فحما كوكا . ويستخدم فى أفران المراجل وفى صناعة الكوك وفى أكوار الحدادة .

الفحم الانتراسيت — ويتكون من الغابات المطموسة من عهد بعيد جدا أى أنه أكثر فى القدم من الفحم البتيومينى و يحتوى على ما يقرب من ٩٨ ٪ من الكربون وعند تسخينه فى معوجة تخرج منه غازات قليلة جدا لذلك لا يصلح فى صناعة الكوك . وهو صلب هش لامع يشبه المعدن فى لمعانه ، صعب الاشتعال يحترق بدون لهب أو دخان و يعطى حرارة موضعية شديدة و يستعمل فى محضرات الغاز لبعض محركات الاحتراق الداخلى .

الفحم اللهبى — يختلف هذا النوع اختلافا بينا عن الأنواع الأخرى فى الخصائص والتركيب . لونه أسود قاتم يحترق بلهب وضاء طويل جدا أو بلهب دخانى طويل ومن ذلك اشتق اسمه . يحدث صوتا عند تسخينه . غنى جدا بغازاته ذات القدرة الكبيرة فى الاضاءة . والمواد المتخلفة منه عند تسخينه أغلبها رماد . و يستعمل بكثرة لتحضير الغازات .

بعض المواد الموجودة فى الفحم .

الماء — يستخرج الفحم من مناجمه متشبعا بكثير من مياه الأرض وعند تعريضه للجو يفقد كثيرا من هذه المياه .

الكبريت — يحتوى الفحم عادة على نسبة من الكبريت تختلف من ½ ٪ الى ٣ ٪ ويوجد الكبريت بالفحم غالبا على هيئة بيريطيس الحديد (ح كب$_2$) فيكون على هيئة قشور بين طبقات الفحم وفى بعض الأحوال

يكون متجمعا على هيئة بقع موزعة بغير انتظام فى قطع الفحم . واذا كثرت نسبة البيريطيس فانه يستخدم فى استخلاص الكبريت وحامض الكبريتيك لأن الكبريت غير مرغوب فى وجوده بالفحم . ويوجد الكبريت أحيانا على هيئة كبريتات الكلسيوم (كا كب أ$_٤$) ولا يضر استخدام الفحم المحتوى على هذه الكبريتات اذا استخرجت كما هى عند الاحتراق دون أن تتغير لكن اذا سخن هذا الفحم فى حضرة كمية كبيرة من الكربون فانه يتحلل ويتخلف منه كبريتيد الكلسيوم الكبير الضرر، وعلى ذلك لا يستخدم الفحم المحتوى على كبريتات الكلسيوم فى الأفران العالية نظرا لكثرة الكربون الموجود فيها . كذلك يوجد الكبريت فى الفحم على هيئة مركبات عضوية . وعموما فان وجود الكبريت بكثرة غير مرغوب فيه عند استخدام الفحم فى عمليات استخلاص المعادن .

الكلور — ويوجد غالبا فى الفحم ، وتجب العناية بفحص نوع الفحم المحتوى على الكلور لأنه لا يمكن التحقق من وجوده فى الرماد المتخلف من احتراق الفحم . ويوجد الكلور على هيئة كلوريد الصوديوم الذى يتحلل بالسليكا عند احتراق الفحم مكونا حامض الكلوردريك وهذا الأخير يؤثر على معدن النحاس فيجعله يتآكل بسرعة وعلى ذلك لا يصلح الفحم المحتوى على كلور للاستخدام فى توليد البخار فى المراجل ذات مواسير اللهب المصنوعة من النحاس الأحمر أو النحاس الأصفر . وبما أن وجود الكلور لا ينتج عنه ضرر فى عمليات استخلاص المعادن لذلك يمكن استخدام الفحم المحتوى عليه فى هذا الغرض .

الفوسفور — ويوجد دائما فى الفحم على هيئة فوسفات الكلسيوم وتظهر متخلفاته فى رماد الفحم بنسبة تختلف من ٠٫٠١٪ الى ١٫٢٥٪

النيتروجين — ويوجد فى جميع أنواع الفحم بنسب صغيرة ويكثروجوده فى الفحم ، طويل اللهب ويكاد ينعدم فى الفحم الانتراسيت .

رماد الفحم — عند احتراق الفحم تتخلف منه مادة غير قابلة للاحتراق هى الرماد وتختلف نسبته من ١ ٪ الى ١٠ ٪ ويختلف رماد الفحم اختلافا كليا فى تركيبه عن رماد الخشب . وفى الغالب يحتوى رماد الفحم على السليكا والألومينا وأوكسيد الحديد والجير والمغنيزيا وحامض الكبريتيك وحامض الفوسفوريك .

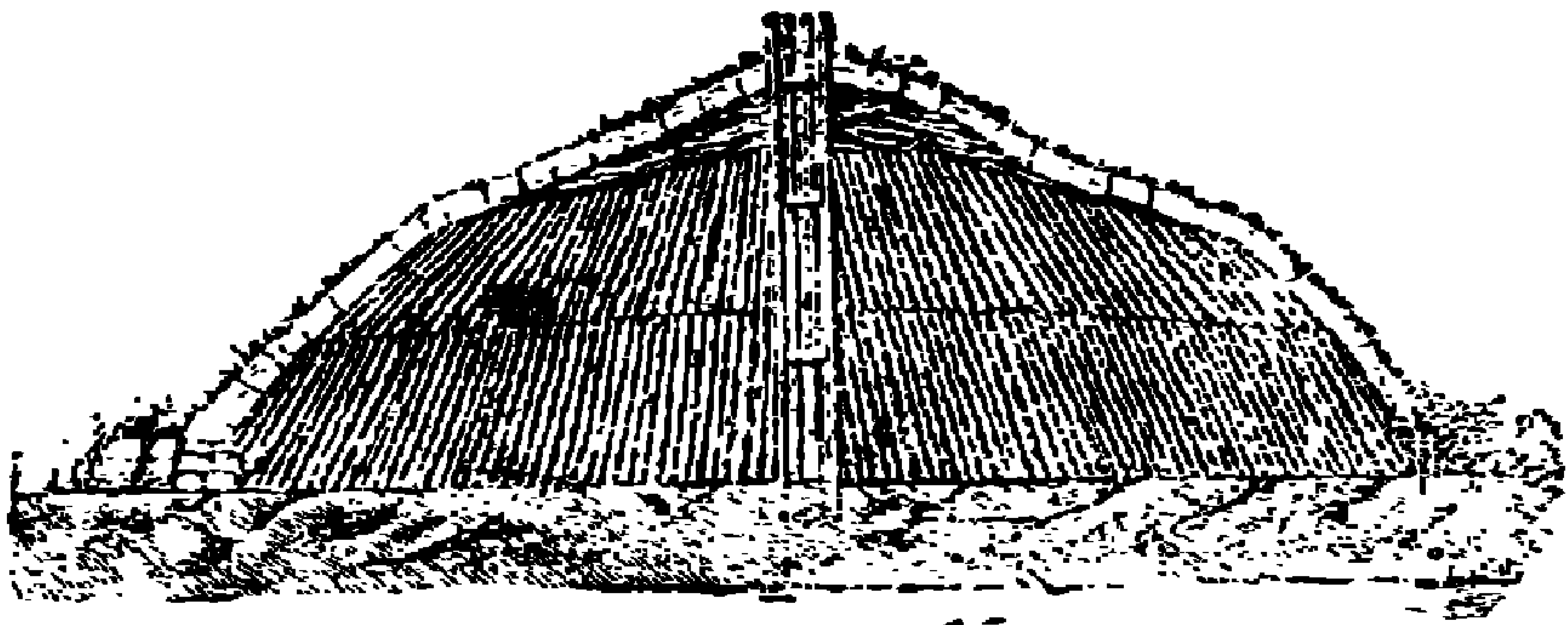
بعض العناصر الأخرى — وهناك عناصر أخرى غير ما ذكر توجد بنسب قليلة فى الفحم وهى الزرنيخ والنحاس وجالينا الرصاص والزنك والفاناديوم .

الفحم النباتى — عند تسخين الخشب فى معوجة بمعزل عن الهواء يترك حوالى ٢٦ ٪ من وزنه مادة سوداء غنية بالكربون تسمى الفحم النباتى أو فحم الخشب أو الفحم البلدى . فان سخنت نشارة الخشب فان الفحم المتخلف منها يكون على هيئة مسحوق أما اذا سخن الخشب قطعا فان كل قطعة تحتفظ بشكلها حتى يمكن رؤية الحلقات السنوية للخشب فيها . وقد لعب هذا الفحم دورا مهما فى استخلاص المعادن فيما مضى أما الآن فقد قلت أهميته .

خصائص الفحم النباتى — لونه أسود قاتم ويترك النوع الجيد منه أثرا ضئيلا على اليد عند ملامسته أما النوع الغث فيترك أثرا واضحا. يحترق بسهولة وبطء الى أن يتم احتراقه تاركا رمادا . وأهم عنصر يحتويه هذا الفحم هو الكربون يليه الايدروجين والأوكسيجين والنيتروجين ويحتوى على نحو ٩٥ ٪ كربون ، ٠,٥ ٪ ايدروجين ، ١,٥ ٪ أوكسيجين ، ٣ ٪ رماد .

تحضير الفحم النباتى — يحضر هذا الفحم بحرق كمية من الأخشاب حرقا غير تام كى يتحول الى مادة كربونية . وهناك عدة طرائق لحرق الخشب . وأقدمها عهدا هى طريقة الكومة و بيانها كما يأتى :

ترص الأخشاب متلاصقة على شكل كومة كما فى شكل (٨) فوق بقعة مستوية صلبة من الأرض غير معرضة للريح، ففى وسط تلك البقعة تقام أولا ثلاثة أعمدة يبلغ طول كل منها نحو سبعة أقدام وتوضع متباعدة بعضها عن

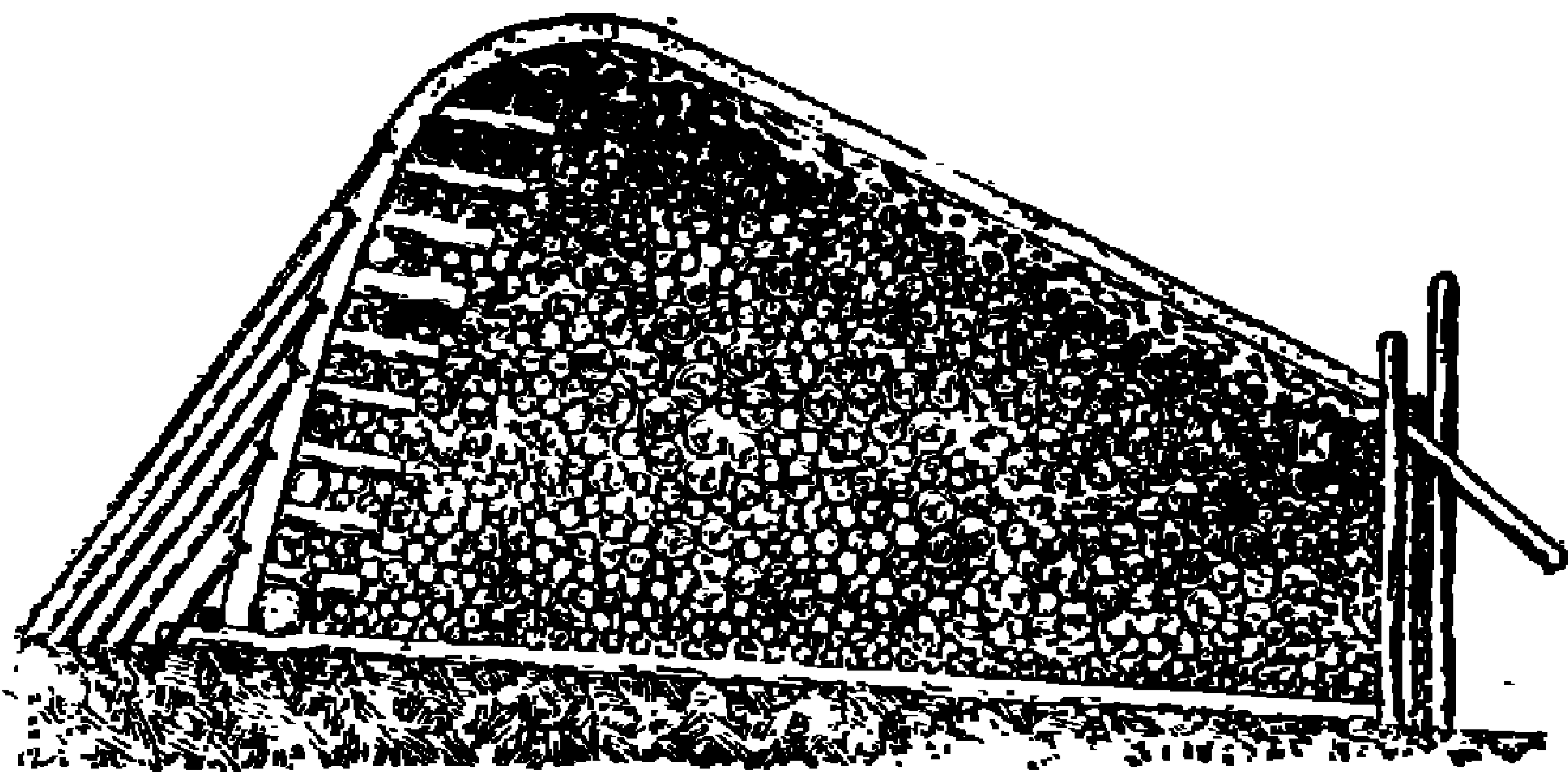


(شكل ٨) طريقة الكومة

بعض بقدر قدم واحد بحيث تعمل نهاياتها السفلى مثلثا متساوى الأضلاع، ثم تشد بعضها الى بعض بواسطة عوارض قصيرة من الخشب و يؤتى بعد ذلك بقطع من الخشب تبلغ طول الواحدة منها نحو ٢,٥ قدما وترص حول الأعمدة حتى تكون معها شبه مدخنة ، وتجعل بينها ممرات لمرور الهواء . ومن الشكل يرى أن القطع الخشبية تقرب أن تكون على زاوية قائمة بالنسبة للأرض حول المدخنة ثم تميل تدريجيا عند محيط الكومة الذى يبلغ قطرها من ٥ الى ٦ أقدام . وتكوم الأخشاب من طبقتين احداهما فوق الأخرى ثم يغطى السطح الخارجى للكومة بأحطاب صغيرة ومن فوقها الحشائش و يطلى بمسحوق الفحم المندى بالماء حتى تكون الكومة بمعزل عن الهواء بقدرالامكان. ثم يملأ قلب الكومة بين الأعمدة بحطب جاف سهل الاحتراق و يشعل الحطب ثم يغذى بكمية أخرى الى أن يتقد قلب الكومة تماما

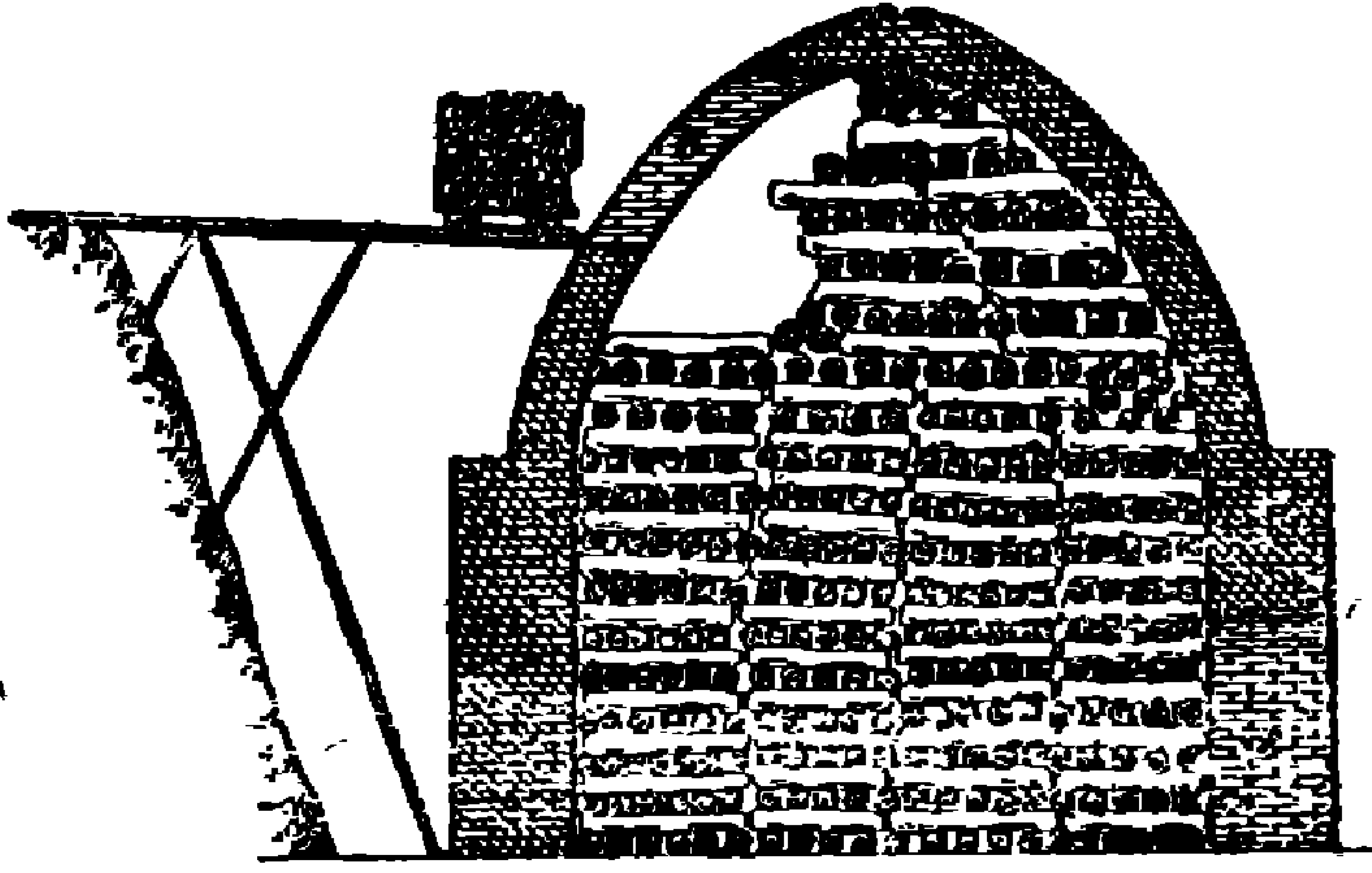
وعندها تقفل الفوهة العليا للدخنة بالحشائش والطين. ومتى تم توهج النار تحشى الأماكن التى قد تهبط من السطح الخارجى للكومة بالحطب وتطلى مرة أخرى بمسحوق الفحم المندى بالماء. وتجف الأخشاب بتأثير الحرارة المتولدة فى قلب الكومة ويستحيل الماء منها بخارا يتكاثف مرة أخرى على السطح الداخلى للكومة ويطلق على هذا الدور دور العَرَق . ومتى تم هذا الدور تقفل منافذ الهواء السفلى بالطين والحشائش ثم تصلح الصدوع التى تظهر على السطح الخارجى للكومة وتترك مدة يومين أو ثلاثة وبعدها تفتح فتحات جانبية عند قاع الكومة ومثلها عند النهاية العليا للطبقة الأولى فيدخل الهواء من الفتحات السفلى ويخرج دخان من الفتحات العليا أصفر اللون يشحب لونه بعد وقت قصير الى أن يتلاشى، وعندئذ تسد الفتحات العليا ويفتح بدلا منها فتحات فى مستوى أوطى منها فيتكرر ظهور الدخان ثم يتلاشى ، وتكرر تلك العملية جملة مرات الى أن يتم التكربن فتسد جميع المنافذ وتترك الكومة يومين أو ثلاثة وبعدها ينزع السطح الخارجى ويسحب الفحم ويرش بالماء أو الرمل ويصبح صالحا للاستعمال . وفى العادة يرفع الفحم الناتج ليلا حتى يمكن عندئذ رؤية القطع التى تكون متقدة منه . وتستغرق عملية التفحيم من ١٠ الى ١٥ يوما .

وقد تطورت طريقة الكومة المخروطية السابقة واستعيض عنها بطريقة الكومة المستطيلة (شكل ٩) نظرا لسهولة سحب الفحم منها بعد تفحيمه ،



(شكل ٩) الكومة المستطيلة

كما تطورت الطرائق مرة أخرى واستعملت قمائن خاصة تسمى القمائن الأمريكية كما فى (شكل ١٠) .



(شكل ١٠) القمينة الأمريكية

الفحم الكوك — سبقت الاشارة الى أن بعض أنواع الفحم الحجرى وبالأخص البتيوميني تخرج غازات عند تسخينها بمعزل من الهواء وتترك الفحم الكوك كمخلفات صلبة فى قاع المعوجة كذلك تخرج أبخرة القطران والنشادر . ومن أجل تلك المحاصيل الثلاثة يقطر الفحم الحجرى .

وفى كل منها توجه عناية خاصة للحصول الرئيسى الذى قُطِّرَ الفحم من أجله . ولما كان الفحم الكوك من أهم أنواع الوقود المستخدمة فى استخلاص المعادن لذا تبذل عناية خاصة به عند تقطير الفحم .

خصائص الفحم الكوك — تتعلق الخصائص الطبيعية للفحم الكوك على نوع الفحم الحجرى المستخرج منه وعلى الطريقة المتبعة فى ذلك . وعموما فهناك نوعان من الفحم الكوك وهما :

(١) الفحم الطرى ويستخدم فى الأكوار أو ما شابهها كالأعمال المنزلية .

(٢) والفحم المندمج أو كوك الأفران وهو مايستعمل خصيصا فى الأفران العالية ودسوت المسابك .

والفحم الطرى أسود اللون كثير المسام سهل الاتقاد والتفتت لا يتحمل الضغوط الكبيرة . أما الفحم المندمج فصلب مندمج ومتين، يتحمل الضغوط الكبيرة دون أن يتفتت، لا يتقد بسهولة وله صوت يشبه رنين المعدن عند طرقه . ويتعلق لون هذا الفحم على طريقة استخراجه فيختلف من الرمادى القاتم الى الأسود الداكن (المطفى) .

ولو أن الفحم الكوك ليس كربونا نقيا الا أنه غنى به جدا وتختلف كمية الكربون الموجودة فيه من ٨٥٪ الى ٩٥٪ . كذلك يحتوى على كمية من الأوكسجين والأيدروجين والنيتروجين والرماد ، وان سخن بمعزل عن الهواء لا يفقد شيئا الا الرطوبة الموجودة به . وتتحمل الأنواع الجيدة منه ضغطا يختلف من ٥٠٠ — ١٥٠٠ رطلا على البوصة المربعة فى درجات الحرارة العادية . وتقل مقاومته كلما ارتفعت درجة حرارته .

ولما كانت معظم أنواع الفحم تحتوى على كمية من الكبريت فانها تفقد جزءا منه عند تحويلها الى فحم الكوك ويحتفظ الأخير بما يتبقى منها، ولذا فان النسبة المئوية للكبريت فى الكوك أقل منها فى الفحم الحجرى .

وينتخب الفحم الحجرى الصالح لصناعة الكوك بحيث يعطى أكبر كمية من الكوك وأقل كمية من الحاصلات الأخرى، كذلك تكون نسبة الكبريت فيه فى أدنى حدودها .

صنع الفحم الكوك — أول طريقه استخدمت فى صنع الكوك هى أن يحرق الفحم فى كومة تشبه تقريبا الطريقة المستعملة فى صنع الفحم النباتى (فحم الخشب) ، ولم تزل هذه الطريقة مستخدمة فى بعض البلاد للآن .

ويفضل بعض مستخلصى المعادن الفحم الكوك المستخرج بهذه الطريقة عن الفحم الكوك المستخرج بواسطة الأفران ولو أنهم لم يتمكنوا من تعليل الأسباب لهذا التفضيل .

ويستخرج الآن فحم الكوك بطريقة الأفران التى تختلف فى الشكل والنوع تبعا للحاصيل المطلوب استخراجها من الفحم فان كان المحصول الرئيسى هو شيء آخر غير الفحم الكوك كغاز الاستصباح مثلا عملت الأفران بطريقة تسمح بذلك بحيث يسخن الفحم بمعزل عن الهواء . وأبسط هذه الأفران شكلا يشبه بالتقريب الأفران المستعملة فى استخراج غاز الاستصباح الا أن بعضها قد تكون معوجاته رأسية والبعض الآخر أفقية . أما ان كان المقصود هو الحصول على الفحم الكوك فقط بغض النظر عن باقى المحاصيل الأخرى فيحرق الفحم فى أفران تشابه بالتقريب أفران صناعة الفخار تملأ بالفحم الحجرى ويشعل داخلها وتصرف غازات نواتج الاحتراق فى مجار تنتهى بمدخنة . ومتى تم تحويل الفحم الى كوك رفع الأخير من تلك الأفران . ولعدم اتساع مجال هذا الكتاب لشرح هذه الأفران شرحا وافيا فقد اكتفينا بالاشارة إليها هنا نظرا لأهميتها فى القطر المصرى .

وبما أن وجود الكبريت فى الكوك غير مرغوب فيه، لذلك تقلل نسبته بغسل الفحم الحجرى قبل عملية التحويل ويرش الفحم الكوك بالماء بعد استخراجه بقليل وفى الحالة الأخيرة يتحد الكبريت بأيدروجين الماء مكونا كبريتيد الأيدروجين .

القيمة الحرارية للفحم — يختلف السُّعر الحرارى للفحم باختلاف نوعه وفيما يلى القيمة الحرارية لبعض الأنواع على وجه التقريب :

الفحم النباتى ١٣٧٠٠ وحدة حرارية بريتانية .

الفحم الحجرى من ١١٥٠٠ الى ١٦٢٠٠ وحدة حرارية بريتانية .

الانتراسيت من ١٢٩٠٠ الى ١٤٧٠٠ وحدة حرارية بريتانية .

الفحم الكوك من ١١٩٨٠ الى ١٤٤٠٠ وحدة حرارية بريتانية .

احتراق الفحم — عند احتراق قطعة من الفحم يلاحظ أنها تحترق على ثلاث فترات :

(الأولى) أن الغازات التى يحتوى عليها الفحم تتقطر (أى تتحلل) .

(الثانية) أن هذه الغازات اما أن تحترق واما أن تصعد الى المدخنة غير مستهلكة .

(الثالثة) أن تحترق بقايا الفحم الصلبة .

ولأجل أن تحترق الغازات المقطرة من الفحم احتراقا تاما يجب أن تتوافر كمية الأوكسجين اللازمة للاحتراق فان لم تتوافر أو اذا لم تكن درجة الحرارة كافيــة فان الاحتراق يكون غير تام وعندئذ ترى سحب من الكربون مجزأة تجزئة دقيقة تنفصل من الغاز وتصعد على هيئة دخان يرسب بعضه على شكل سناج (هباب) فى المداخن .

أما الوقود الصلب الذى يبقى على هيئة كوك أو كربون فيحترق كلما زود بالأوكسجين اللازم . وعموما فكلما توافر الأوكسيجين بشرط أن لا يزيد عن اللازم كان الاحتراق أتم . والفرق بين حرارة الاحتراق التـام والاحتراق غير التـام للكربون يعادل ١٠٢٠٠ وحدة حرارية بريتانيــة فى كل رطل من الكربون ، وهذا الفرق يذهب هباء فى حالة الاحتراق غير التام ، ومن أجل ذلك يندى الفحم بالمـاء حتى يعطى فرصة أطول يتعرض خلالها لأوكسيجين الهواء الجوى فيتم احتراقه ومن جهة أخرى يقل المتخلف منه .

الوقود الصالح لأعمال الحدادة — بما أن الحدادة من أهم الأعمال الصناعية لذلك يلزمنا أن نعالج ولو بايجاز الوقود المستخدم فيها . فأحسن أنواع الوقود التى تلائم كير الحداد هى الفحم الحجرى البتيوميني بشرط أن يكون من النوع الصالح لصنع الفحم الكوك وأن يكون خاليا من الجلخ والرماد والمواد الأخرى المضرة على قدر الامكان . والفحم الحجرى الذى تتوافر فيه هذه الشروط لدرجة كبيرة هو الفحم المعروف فى مصر باسم فحم كرديف . ويلزم تكسير هذا الفحم الى قطع صغيرة قبل استعماله .

ويمكن على العموم معرفة جودة أى نوع من الفحم ودرجة صلاحيته للكير بمراقبة اللهب الناتج عنه عند احتراقه، فان أعطى الفحم فى لحظة ما نارا قوية ثم فترت ناره من نفسها فى لحظة أخرى، أو اذا كانت هذه النار يندلع لهبها أحيانا ثم يخبو أحيانا، أو اذا كان لون اللهب أحمرا تحيط به هالة زرقاء، أو اذا كان الكوك الناتج من هذا الفحم بعد احتراقه فى الكير قاتم اللون هشا، أو اذا كانت تصعب عمليه اللحام باستخدام هذا الفحم فانه يكون رديئا . والتجربة الآتية تسهل لنا تمييز الفحم الصالح للحدادة من غيره :

أولا — خذ قطعا متعددة من الفحم المطلوب تجربته بحيث تكون كل منها فى حجم قبضة اليد ثم اكسر هذه القطع فان ظهرت بين طبقاتها قشور بيضاء أو بقع سمراء فذلك دليل على وجود الكبريت . والكبريت مضر جدا بالحديد والصلب اذ لا يمكن معه اجراء عملية اللحام بتاتا . والفحم الصالح للحدادة يلزم أن يكون خاليا من أمثال هذه القشور والبقع .

ثانيا — أوقد هذا الفحم وانظر الى قطع الكوك التى تتولد منه حول النار فان لم تكن تلك القطع صلبة وان لم يكن لونها رماديا صافيا فان هذا

الفحم يكون حاويا لكمية كبيرة من الفاذورات . والفحم الصالح للحدادة يلزم أن يتولد عنه كوك ذو لون رمادى صاف وذو مسام منتظمة وان أحرق هذا الكوك فانه يحدث نارا ساخنة منتظمة .

ثالثا — لاحظ اللهب الذى يتولد من الفحم المحترق فان شاهدت هالة زرقاء تحيط باللهب كان هــذا دليلا على وجود كمية كبيرة من الكبريت . والفحم الخالى من الكبريت يكون لهبه أحمر نقيا أو أصفر نقيا .

رابعا — اذا كانت النار تشتد فى لحظة ما ثم تضعف بعد ذلك من نفسها فان هــذا دليل على أن القيمة الحرارية للفحم ضعيفة وعلى ذلك لا يصلح للحـــدادة .

خامسا — افحص كومة الفحم التى أمامك وانظر كم قطعة من حجر الاردواز الرمادى القاتم يمكنك أن تلتقطها من سطح الكومة فان كانت القطع كثيرة فذلك دليل على أن الفحم غير نقى ، وقطع الاردواز لا تلتهب وزيادة عن ذلك تؤثر على حرية اشتعال الفحم المختلطة به .

الفصل الرابع

الحديد الغفل . تجهيزه . صهره

الحديد عنصر يوجد بكثرة فى باطن الأرض أو فى حفر مكشوفة للهواء على هيئة مركبات كيميائية مصحوبة بكثير من الأخلاط الأرضية كالطفل والرمل وأحيانا بالصخور . ويسمى فى هذه الحالة الحديد الغفل .

ولتحويل الحديد الغفل إلى حديد صالح للصناعة يلزم أولا ازالة أغلب الأخلاط منه ثم تكليسه ان لزم ثم معالجته بعد ذلك بالصهر كى يتخلص من الأوكسجين وبعض الكربون المتحدين معه . ويتحرر من جزء من المعادن والأخلاط الأخرى العالقة به ، فيرى من هذا أن الحديد المستعمل فى الصناعة ليس حديدا نقيا بالمعنى الدقيق لأنه يحتوى فعلا على حديد ونسبة قليلة من الكربون ثم على نسب صغيرة من عناصر أخرى مثل السليكون والمانجنيز والفوسفور والكبريت الخ ، مما سيرد ذكره مفصلا فيما بعد .

ومستخرجات الحديد المستخدمة فى الصناعة ثلاث وهى :

(١) زهر   (٢) الحديد الخام   (٣) الصلب (الفولاذ)

وتتميز هذه المستخرجات بعضها عن بعض بتركيبها وخصائصها وأساليب صنعها وطرائق استخدامها لكنها تشترك فى خاصتين :

الأولى — أن كلا منها يحتوى على ٩١ فى المائة فأكثر من عنصر الحديد .

الثانية — أنها تحتوى على نسب مختلفة من عنصر الكربون الذى هو أهم شيء فى تركيبها بعد الحـديد . وقد تبلغ هذه النسب أحيانا ٥ فى المـائة فى الزهر ، ١٫٨ فى المائة فى الصلب ، ٠٫٢٥ فى المائة فى الحديد الخام .

الحديد النقى — وهو الذى لا يدخل فى تركيبه أى عنصر آخر غير الحديد ولا يستخدم فى الأعمال الهندسية لصعوبة تحضيره ولكثرة تكاليفه ، لكنه يحضر فقط فى المعامل الكيميائية لدراسة خصائصه. وهو معدن لدن (طرى) ذو قابلية كبيرة للطرق والسحب وذو مقـاومة عظيمة للشد ، لونه رمادى ضارب للبياض ولا أهمية له من الوجهتين التجارية والصناعية .

الحديد الغُفْل — يوجد فى الغالب على هيئة أوأوكسيدات الحديد،حيانا على شكل كربونات الحديد ، وأهم أوكسيدات الحديد هى :

(١) المـاجنتيت — (أى الحديد المغناطيسي) وتركيبه الكيميائى(ح٣ ا٤) لونه حديدى رمادى أو حديدى أسود ويحتوى فى أجود أنواعه على نحو ٧٢٫٤ فى المـائة من عنصر الحديد،ولذلك هو أغنى وأنقى أنواع الحديد الغفل ويوجد بكميات وافرة على شكل بللورات أو حبيبات خشنة فى ممـالك غير قليلة، أهمها السويد والنرويج والولايات المتحدة وكندا وسيبريا . لكن أكبر كمية منه توجد فى بلاد السويد والنرويج ، ولوفرة كميته يصدر بعضه إلى الممـالك الأخرى وأخصها انجلترا لصهره واستخلاص الصلب منـه . والمـاجنتيت السويدى خال تقريبا من الكبريت والفوسفور ويحتوى فى بعض أنواعه على نسبة كبيرة من المـانجنيز ، ويستخرج منه الحديد الخام السويدى المشهور باسم حديد دانيمورا ، والذى يسـتخدم فى صهره فحم الخشب .

(٢) الهماتيت الأحمر — (أوكسيد الحديديك) وتركيبه الكيمائى (ح$_{٢}$أ$_{٣}$) وسمى كذلك بالنسبة للونه الذى يضرب غالبا للاحمرار . ويوجد على شكل كتل طفلية كبيرة، ويحتوى فى أنقى أنواعه على نحو ٧٠ فى المـائة من عنصر الحديد . وهو أكثر أنواع الحديد الغُفْل وجودا فى العالم وأوسعها انتشارا فى باطن الأرض . وبعض أنواعه خال تقريبا من الفوسفور والكبريت ، وهـذه الأنواع تستخدم بعد صهرها فى استخراج صلب بسمر المشهور . كذلك توجد منه بعض أنواع أخرى على شكل مسحوق طفلى تستخدم بعد سحقها وتنظيفها فى صناعة البويات (الأهرة الحمراء) .

(٣) الهماتيت البنى — ولونه بنى ضـارب للصفرة أو للسواد ويدخل المـاء فى تركيبه فيمثل كيميائيا بما يأتى : (٢ح$_{٢}$أ$_{٣}$ ٣يد$_{٢}$أ) . ويوجد على شكل كتل طفلية ، ويحتوى على نحو ٦٠ فى المـائة من عنصر الحديد فى أنقى أنواعه . ويصهر بكثرة فى فرنسا وألمـانيا وبعض ممالك أوربا الوسطى ، وتستخدم بعض أنواعه فى صناعة البويات المعروفة باسم الأهرة الصفراء والطينة النية .

(٤) كربونات الحديد — وتركيبها الكيميائى (حك أ$_{٣}$) وهى أقل انتشارا ونقاء وأهمية من الأوكسيدات وتشمل الأنواع الآتية :

(أ) السيدريت — وهو أنقى أنواع الكربونات ويحتوى فى أجود أنواعه على ٤٨ فى المـائة من عنصر الحديد ، ويختلف لونه من الصفرة إلى البنى لكن بعض أنواعه تكون معرضة للمـاء فتتحول الأجزاء المعرضة منها إلى هماتيت بنى .

(ب) الحديد الغفل الطفلى — ويكون فى الغالب مختلطا بكميات غيرقليلة من المعادن الأخرى و بكمية كبيرة من الطفل ومن هذا اشتق اسمه، ويختلف لونه من رمادى فاتح إلى أصفر إلى بنى لكنه عند تعريض الأنواع الفاتحة منه إلى الهواء ينقلب لونها إلى بنى .

(ج) الحديد الغفل الأسود — و يكون فى الغالب مختلطا بالفحم الحجرى البتيومينى بنسبة تختلف من ١٥ الى ٢٥ فى المـائة موزعة فى كتلته على شكل طبقات لحمية فتجعله مقلما بأقلام سوداء .

(د) حديد كِلِفْلَنْد الغفل — ولونه فى الغالب أخضر ضـارب للزرقة ويحتوى على نسب كبيرة من الفوسفور و يوجد بكثرة فى انجلترا .

وهنـاك أنواع أخرى من الحديد الغفل قليلة الأهمية منها الحديد الغفل الكبريتى ، ويحتوى فى أجود أنواعه على ٤٦ فى المـائة من عنصر الحديد ، وتركيبه الكيميائى (ح كب$_{٢}$) و يوجد فى الطبيعة بكميات كبيرة ، و يستخدم فى استخراج حامض الكبريتيك أكثر مما يستخدم فى استخلاص الحديد ، ذلك لأن الحديد إن استخلص منه يكون رديئا جدا لعـدم إمكان التخلص من كل الكبريت .

وفى بعض المنـاطق التى يوجد فيها هذا المعدن الغفل مختلطا بقليل من النحاس يستخدم أولا فى استخراج حامض الكبريتيك وما يتبقى منه يستخدم فى استخلاص النحاس فيتخلص بذلك من كل الكبريت . والرماد المتخلف من ذلك يحتوى على نسبة كبيرة من الحديد فيضغط على شكل قوالب ثم يصهر كأنه حديد غفل لاستخلاص الحديد منه .

وليس من الضرورى أن يكون كل نوع من أنواع الحديد الغفل السابق ذكرها موجودا بمفرده بل كثيرا ما يوجد بعضها مختلطا بالبعض الآخر كما فى الماجنتيت والهماتيت الأحمر والهماتيت البنى .

العمليات التجهيزية للحديد الغفل — يجب أن تجرى على الحديد الغفل بعض عمليات تجهيزية بسيطة قليلة التكاليف حتى يصبح صالحا للصهر . ويتوقف عددها فى أية حالة على طبيعة الحديد الغفل ونوعه . وأهم هذه العمليات هى :

(أولا) عملية التكسير — يكسر الحديد الغفل إلى قطع ذات أحجام مناسبة تسهل معها عملية الصهر فى الأفران وذلك فى بعض الأحوال فقط . ففى كثير من البلاد الانجليزية يؤخذ الحديد الغفل من مناجمه مباشرة إلى أفران الصهر أو الى قمائن التحميص دون تكسير لا سيما اذا كانت مناطق الأفران قريبة جدا من مناجم الحديد الغفل . لكن فى نواحى أخرى من البلاد الإنجليزية يكسر الحديد الغفل الى قطع يختلف حجمها من ٤ إلى ٦ بوصات إذا كانت أفران الصهر متوسطة الحجم ، أو إلى قطع حجمها ٢ بوصة إذا كانت الأفران صغيرة الحجم ، أما فى بلاد السويد حيث الأفران صغيرة جدا فيكسر الى قطع حجم الواحدة منها نحو بوصة واحدة ، وأما فى الأفران الحديثة الضخمة فقد استغنى الحال كلية عن تكسير الحديد الغفل .

(ثانيا) عملية الغسيل — تجرى هذه العملية لفصل الحديد الغفل عن أخلاطه الرملية والطفلية (انظر الفصل الثانى) .

(ثالثا) التهوية (أى التعريض للجو) — وتتلخص فى تعريض بعض أنواع معينة من الحديد الغفل لفعل التأثيرات الجوية . وهذه الأنواع هى التى تحتوى فقط على مركبات كيميائية يدخل فيها الكبريت دون الكلسيوم مثل البيريطيس وغيره . فان هذه المركبات عند تعريضها للجو لمدة طويلة تتأكسد بفعل الأوكسجين الجوى وتتحول الى كبريتات قابلة للذوبان فى الماء فيمكن إزالتها بواسطة اذابتها فى ماء الرش أو ماء الأمطار . أما اذا كانت هذه المركبات تحتوى على الكلسيوم زيادة على الكبريت فهذه الطريقة لا تصلح لها لأن الكبريتات تتحلل بفعل الجير (أكسيد الكلسيوم) وتتكون كبريتات الكلسيوم الذى لا يذوب فى الماء، وهذه العملية تجرى فى الغالب قبل عملية التكليس الآتى ذكرها بعد ، ومددها تختلف من ثلاثة الى أربعة شهور فى الأنواع الجيدة . أما فى ألمانيا فتوجد بعض أنواع تجرى عليها هذه العملية عقب التكليس لمدد تختلف من سنة الى ثلاث مع إذابة المركبات الناتجة بواسطة الماء جملة مرات خلال مدة التعريض .

(رابعا) عملية الفرز المغناطيسى — وتجرى على الحديد الغفل المحتوى على مواد ومعادن لامغناطيسية ، ففى هذه الحالة يحول الحديد الغفل الى مسحوق خشن ويفرز الحديد منه بواسطة أجهزة مغناطيسية قوية . وتستخدم هذه العملية بكثرة فى النرويج وبعض البلاد الأخرى ، ويشترط لنجاحها أن تكون المواد المختلطة بالحديد الغفل لامغناطيسية ، وأن تكون سهلة الانفصال منه بعد تحويله الى مسحوق . لكن نظرا لأن الحديد الغفل بعد فرزه بهذه الطريقة يكون على شكل مسحوق والمسحوق لا يصلح للوضع فى أفران الصهر لذلك يلزم تحويله أولا إلى قوالب مضغوطة يمكن وضعها بسهولة فى الأفران .

التكليس — ويجرى على الحديد الغفل إن كان على هيئة كربونات أو كان الماء داخلا فى تركيبه كالهماتيت البنى أو كان به كبريت أو مواد متطايرة، فينطرد منه الماء وجميع المواد المتطايرة ، وتتحول كربونات الحديد (حك$_3$ا) الى أوكسيد الحديد (ح$_2$ ا$_3$) . وبما أن الحديد الغفل يخف وزنه بعد تكليسه لذلك تجرى عليه العملية غالبا بجوار المناجم حتى تقل مصاريف نقله منها الى مناطق الصهر .

وتنحصر مزايا تكليس الحديد الغفل فيما يأتى :

(١) ان كربونات الحديد من خصائصها الاتحاد بسهولة مع السليكون فتكوّن معه عند الصهر سليكات الحديد وهو مركب سهل الانصهار يتحول عند تجمده الى جسم مصقول خالى المسام لا يصلح فى الصناعة . لكن إذا حمصت الكربونات قبل وضعها فى أفران الصهر فإنها تتحول الى أوكسيد الحديد وهو غير قابل للاتحاد بسهولة مع السليكون .

(٢) ان طرد غاز ثانى أوكسيد الكربون من كربونات الحديد بواسطة التكليس يختصر كمية هذا الغاز غير القابل للاحتراق فيمكن للغازات الأخرى الداخلة فى تركيب الكربونات أن تشتعل بحرارة أشد داخل أفران الصهر . كما أنه يجعلها ذات محصول حرارى أكبر فى الأغراض التى تستخدم فيها بعد خروجها من أفران الصهر كما سيرد بعد .

(٣) ان التكليس يجعل الحديد الغفل كثير المسام فتنفذ الحرارة إلى جوفه بسهولة وتساعد على صهره ، كما يمكن للغازات أن تتخلله بسهولة وتختزل منه بعض الأوكسيجين أثناء عملية الصهر .

(٤) ان التكليس يقلل من حجم الحديد الغفل دون أن ينقص من وزن عنصر الحديد الموجود به ، وبذلك يمكن لأفران الصهر أن تسع كمية كبيرة منه .

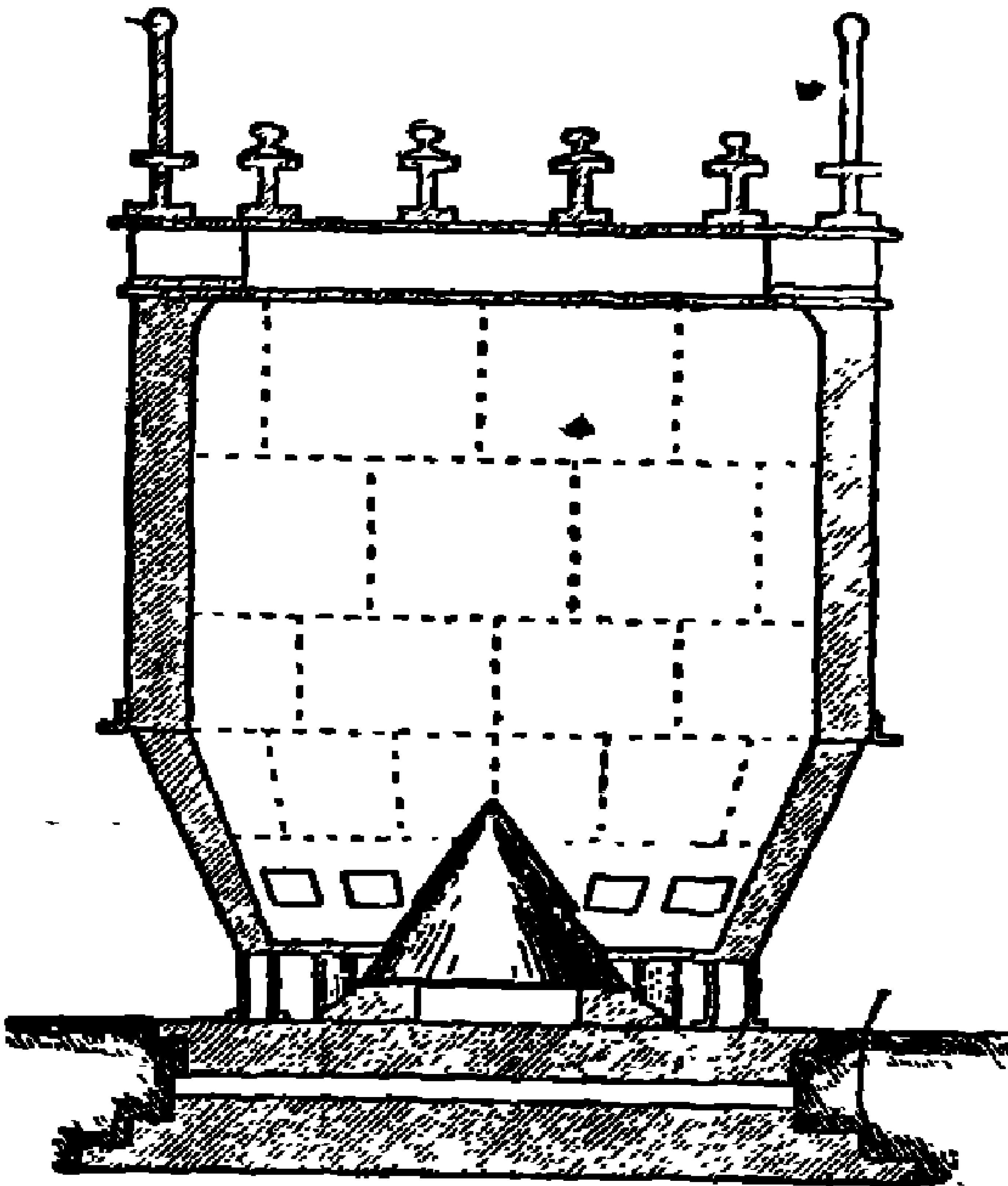
ويكلس الحديد الغفل بوضعه مع كمية مناسبة من الوقود إما فى أكوام فى الهواء الطلق وإما فى قمائن ثم يشعل الوقود فيسخن الحديد الغفل تدريجيا ويتبخر منه الماء وتخرج المواد المتطايرة على هيئة غازات مختلفة . والتكليس فى القمائن خير من التكليس فى الأكوام لأنه يمكن فى القمائن تنظيم كمية الهواء اللازمة للتكليس ، كما يمكن تشغيلها باستمرار وفى ذلك وفر كبير فى الوقود واليد العاملة ، وتختلف أكوام التكليس فى شكلها وحجمها تبعا للمناطق المختلفة ونوع الحديد الغفل الموجود فيها والوقود المتوافر لديها . فمثلا فى بلاد الغال الجنوبية واستفوردشير وغيرهما تبنى الأكوام على شكل قمائن الطوب المعروفة فى مصر فيوضع فرش من الفحم الحجرى سمكه بضع بوصات على قطعة مسطحة من الأرض ثم توضع فوق ذلك طبقات متعاقبة من الحديد الغفل والوقود الى ارتفاع أربعة أو خمسة أقدام .

وفى بعض المناطق الأخرى يجعل الفرش المتاخم لسطح الأرض من خبث الحديد ، ثم توضع فوقه طبقات متعاقبة من الحديد الغفل والوقود حتى يتكون من الجميع شكل هرم ناقص ارتفاعه نحو ٩ أقدام وقاعدته مربعة ضلعها نحو ٦٠ قدما . والأكوام مهما اختلف شكلها أو نوعها يلزم أن توضع فيها كتل الحديد الغفل الكبيرة من أسفل والصغيرة من أعلى وأن توقد النار بالقرب من قاعها من فتحات فى الجوانب معدة خصيصا لمرور تيار الهواء اللازم لاشتعال الوقود . لكن نظرا لعدم انتظام الاشتعال فى جميع أجزاء الأكوام على حد سواء ، فانه يضاف من وقت لآخر كمية من الحديد الغفل الصغير الحجم على الأجزاء التى يكون الاشتعال فيها أشد من غيرها لإضعاف سير الحرارة فيها ومساواتها على قدر الإمكان بالأجزاء الأخرى .

أما قمائن التكليس فهى مبانٍ أو أوعية كبيرة مستديرة القطاع أومستطيلته ومفتوحة من أعلى . وبعضها يبنى بالطوب الحرارى والبعض يصنع من ألواح

الصاج ويبطن بالطوب الحرارى ، وتكون لها فتحات من أسفل ، بعضها لدخول الهواء والبعض لسحب الحديد الغفل بعد تكليسه . وتشتغل هــذه القمائن باستمرار . وكلما كلست فيهــا كمية تسحب من أسفل وتوضع كمية جديدة بدلا منها من الحديد الغفل والوقود من أعلى .

وشكل (١١) يبين نوعا مشهورا من هذه القمائن يعرف باسم قمين جچر (Gjer) وهو وعاء اسطوانى من الألواح الصاج مبطن بالطوب الحرارى لسمك ١٤ بوصة، وارتفاع الوعاء ٢٣ قدما تقريبا وأوسع أقطاره يبلغ نحو ٢٤ قدما وسعته نحو ٨٠٠ قدم مكعب أى مايعادل تقريبا ٣٥٠ طنا من الحديد الغفل والوقود معا، وأحيانا تكون أبعاده وسعته أكبر من ذلك. وتنتهى الأسطوانة من أسفل بجزء مخروطى يضيق نحو القاع، ويحمل جميع الوعاء على طوق من الزهر يرتكز على أعمدة قصيرة من الزهر أيضا بحيث يكون الخلوص بين قاع الوعاء والأرض نحو ٣٠ بوصــة ، ويبرز فى وسط القاع مخروط أجوف من الزهر قاعدته مرتكزة على الأرض وقمته بارزة داخل الوعاء، ووظيفته توجيه الحــديد الغفل المكلس أثناء هبوطه إلى الخارج حتى يسهل سحب هــذا الحديد إلى الفراغ الواقع بين الأعمدة، ويوجد فى غلاف الوعاء وبالقرب من القاع فتحات مجهزة بأبواب وظيفتهــا إدخال الهواء اللازم للتكليس ، وتستخدم هــذه الفتحات أيضا لمرور الأسـياخ والعدد اللازمة لتكسير قطع الحديد الغفل التى قد تلتصق بعضها ببعض أثناء التحميص .



(شكل ١١ — قمين جچر)

صهر الحديد الغفل وتكريره — بعد تجهيز الحديد الغفل بالطرق السابقة تجرى عليه عملية الصهر فى أفران خاصة ، تشحن بالحديد الغفل ومعه مايلزمه من الوقود والمواد المساعدة على الصهر ثم يصهر فيها تحت تأثير تيار شديد من الهواء يساعد على الاحتراق والاختزال .

الوقود — أهم أنواع الوقود المستخدمة فى صهر الحديد الغفل هى حسب ترتيب أهميتها كما يأتى :

فحم الكوك ، الفحم الحجرى ، فحم الانتراسيت ، الفحم النباتى .

واختيار أى نوع منها يتوقف على تكاليفه النسبية فى المنطقة التى يستعمل فيها ، لكن كلما كانت مادة الوقود أنقى كان الحديد الناتج عنها أجود . وفحم الكوك والفحم النباتى يعتبران أحسن أنواع الوقود ، والأول منها يمتاز بصلابته وصعوبة تفتته ونسبة الكربون الكبيرة الموجودة به ، ولهذه الأسباب حل محل الثانى فى أغلب الأفران الحديثة .

مساعدات الصهر للحديد الغفل — بما أن الأخلاط الموجودة فى الحديد الغفل تتكون غالبا من الرمل (السليكا) والطفل (سليكات الالومنيوم) فان أكثر مساعدات الصهر استعمالا مع الحديد الغفل هو الحجر الجيرى ، لكن هناك بعض أنواع من الحديد الغفل ذات انصهار ذاتى فلا تحتاج الى مساعد صهر (انظر مساعدات الصهر فى الفصل الثانى) .

أفران صهر الحديد الغفل — يوجد أنواع غير قليلة من هذه الأفران لكن يمكن تقسيمها على وجه العموم الى طائفتين :

(الأولى) وتشمل الأفران المبنية على أبسط القواعد الفطرية الساذجة كالفرن المعروف باسم كاتلان أو كاتالونيا وهو فرن يستخدم فى الحصول على

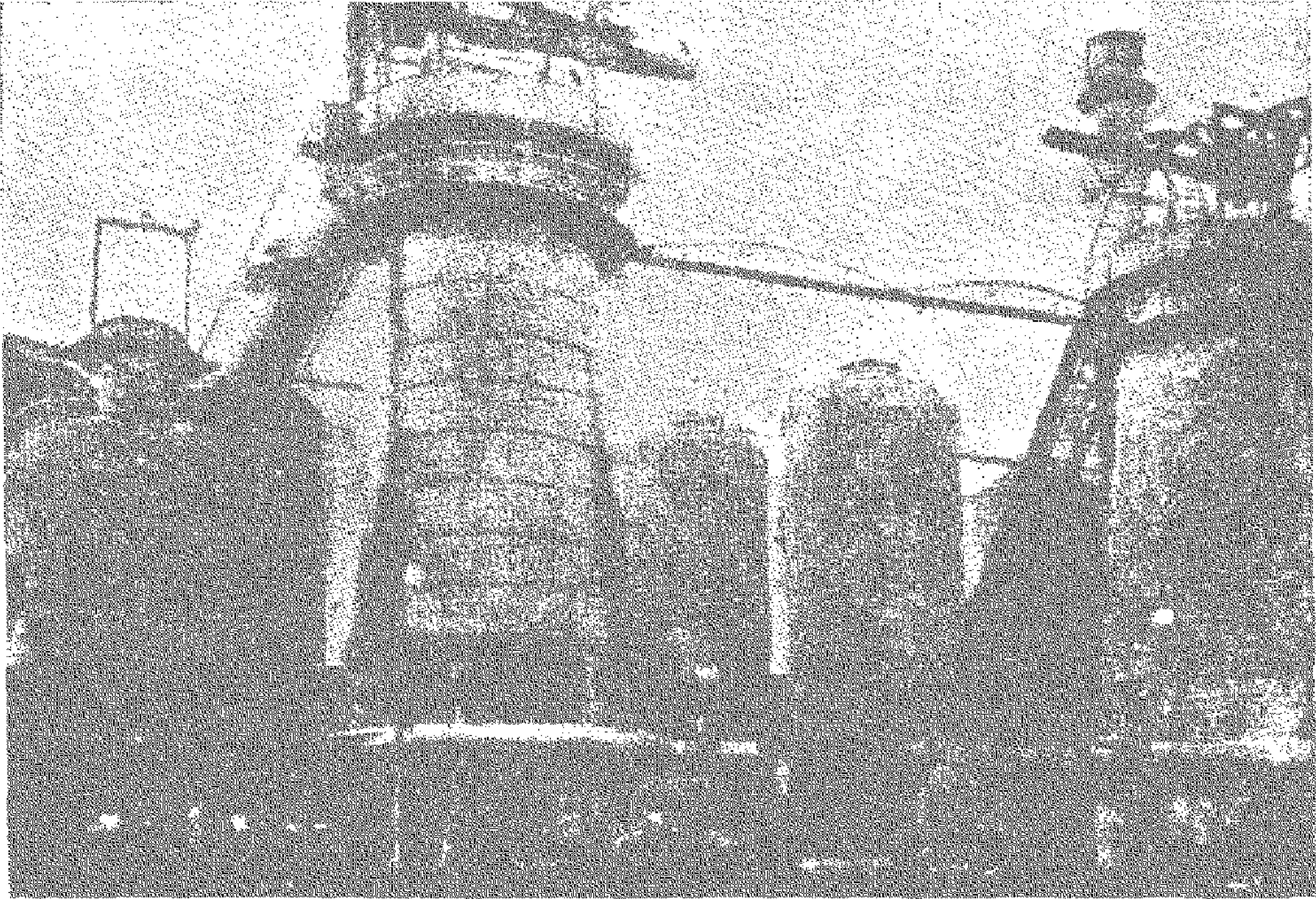
الحديد الخام مباشرة من الحديد الغفل ولا أهمية له فى الواقع إلا من الوجهة التاريخية لأنه يكاد يكون أثرا باقيا مما كان يستخدمه الأقدمون فى العصور الخالية قبل أن تتقدم صناعة الحـديد . لكن نظرا لكونه لا يزال يستخدم فى وقتنا الحاضر فى جهات البيرينيز (Pyrenes) والهند و بعض الممـالك الأخرى فسنأتى على شرح موجز له فى الفصل الخاص بالحديد الخام . وهناك أيضا نوع آخر شبيه بفرن كاتلان ولا يمتاز عنه إلا فى بعض التفاصيل و يستخدم كذلك فى استخلاص الحديد الخام مباشرة من الحديد الغفل فى بعض الجهات النائية بالولايات المتحدة وكندا و يسمى الفرن الامريكى .

(الثانية) وتشمل الأفران المؤسسة على أحدث النظريات العلميـة والمستوفاة لأحسن شروط الإنتاج الاقتصادى كالفرن العالى المستمر . وسمى فرنا عاليا لارتفاعه الذى يختلف من ٦٠ إلى ٩٠ قدما وهـذا الفرن كبير الأهميـة وذو طرازات متعددة . ويستخدم فى جميع الممـالك الصناعية فى استخلاص الزهر الخام من الحديد الغفل فى الوقت الحاضر ولأهميته قد أفردنا له الفصل الخامس .

الفصل الخامس

الفرن العالى وملحقاته

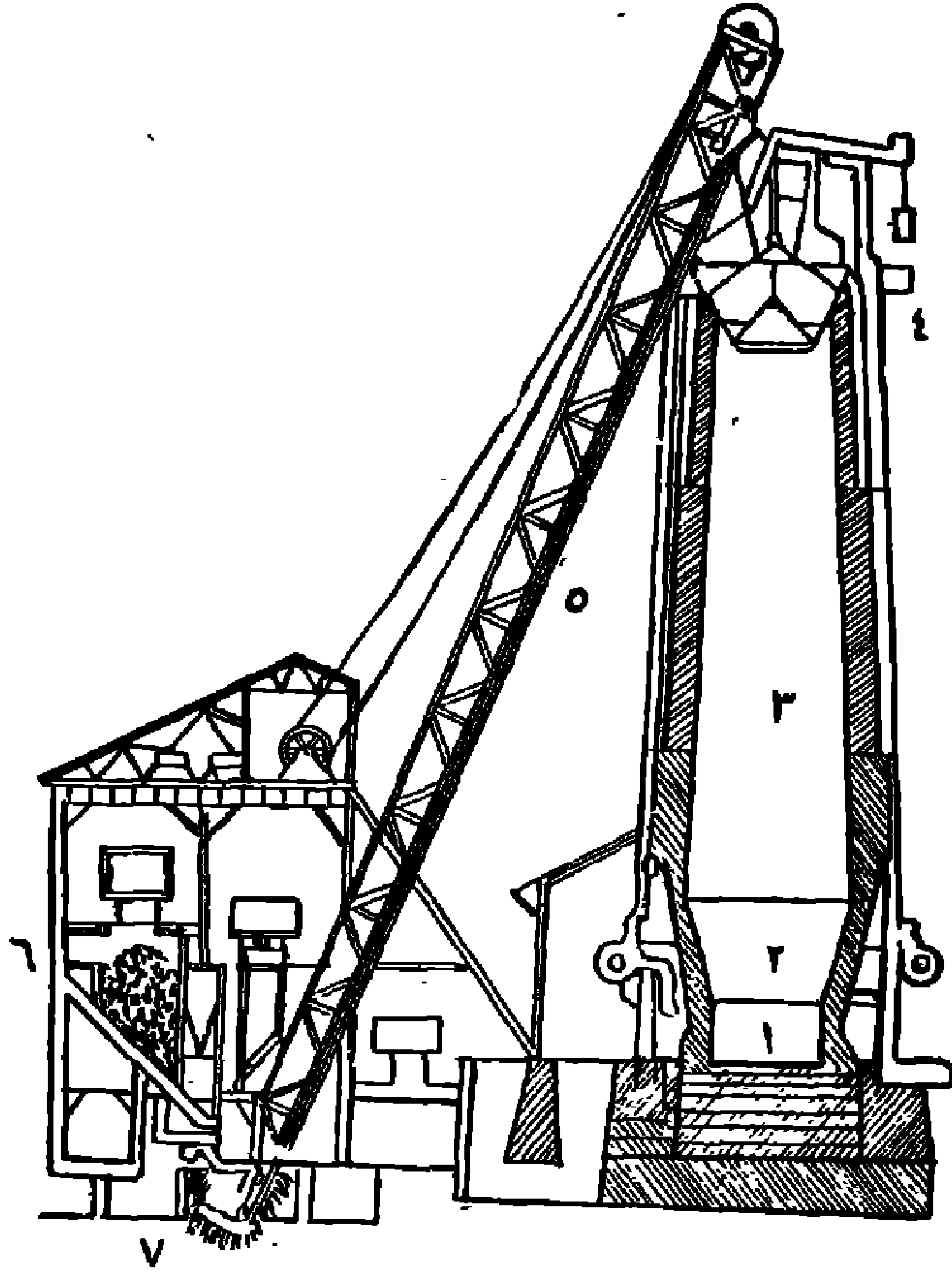
الفرن العالى — شكل (١٢) يبين منظرا عاما لمجموعة من الأفران العالية بملحقاتها من مسخنات للهواء واسطوانات لتكرير الغازات الساخنة وأخرى لخزنها وكبارى للتوصيل بين الأفران المتجاورة وغير ذلك من الأجهزة التى سيرد شرحها تفصيلا فيما بعد .



(شكل ١٢)
منظر عام لمجموعة من الأفران العالية وملحقاتها

والأفران العالية تستمر فى عملها ليلا ونهارا مددا طويلة دون انقطاع حتى انه يروى عن بعضها أنه اشتغل اثنى عشر عاما باستمرار ولم يطفأ إلا للترميم ، وفى مقدور بعض هذه الأفران أن يخرج محصولا أسبوعيا يبلغ زهاء ألفى طن

لكن متوسط مايخرجه الفرن الواحد فى الأسبوع يتوقف على حجمه ونوع الحديد الغفل والوقود المستخدمين فيه . ففى اسكتلندا حيث الوقود هو الفحم الحجرى قل أن يزيد المحصول المتوسط للفرن عن ٣٠٠ طن فى الأسبوع ، وفى كلفلند بانجلترا حيث الوقود هو فحم الكوك قد يبلغ المحصول المتوسط زهاء ٨٠٠ طن فى الأسبوع . أما فى الأفران الكبيرة المستعملة فى أمريكا وبعض أنحاء انجلترا فقد يبلغ المحصول المتوسط الأسبوعى أكثر من ٢٠٠٠ طن .



(شكل ١٣ الفرن العالى)

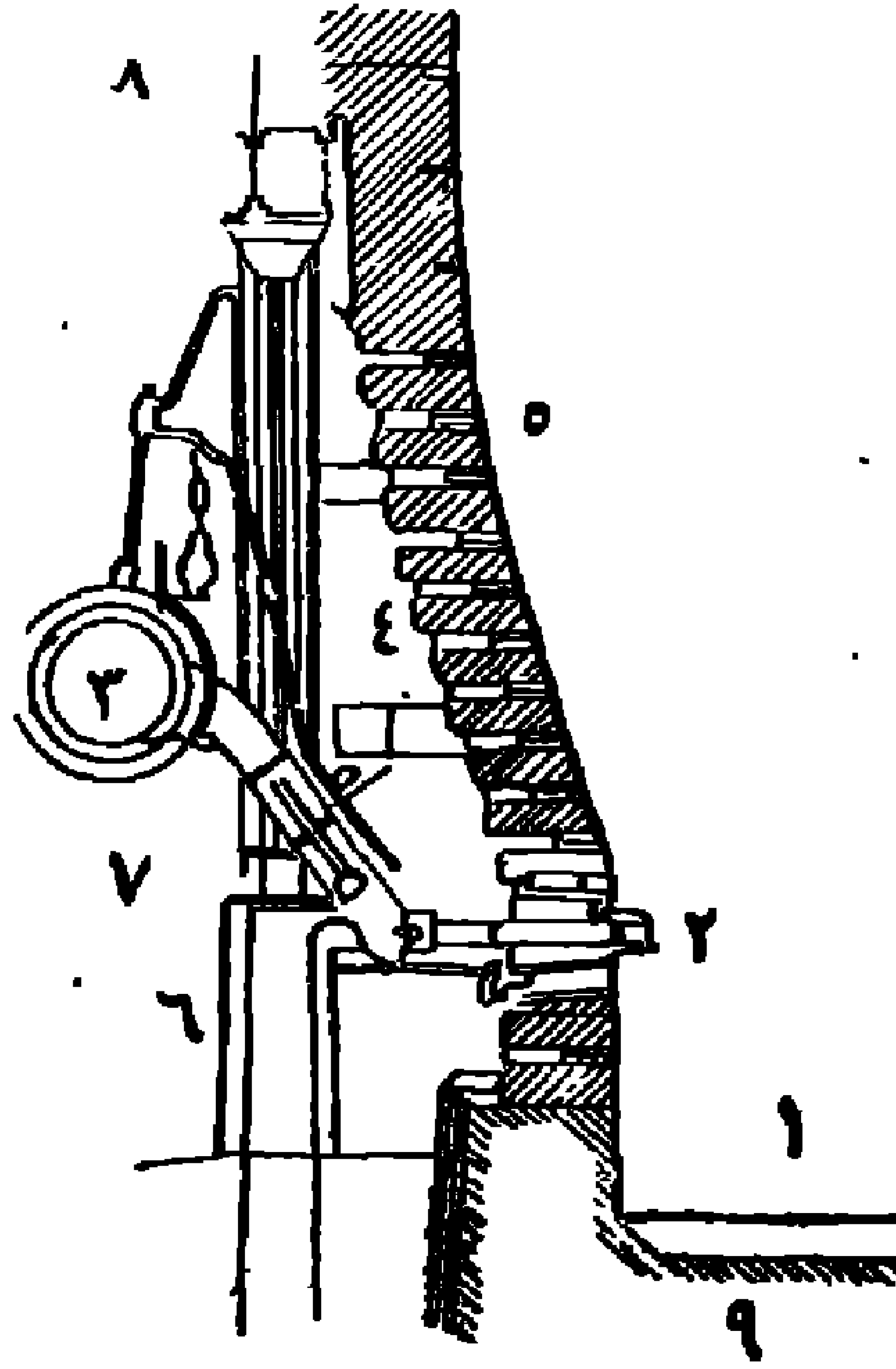
(١) المرقد
(٢) المخروط الأسفل
(٣) البدن
(٤) قادوس الشحنة
(٥) مصعد لرفع الشحنة
(٦) مخزن الشحنة
(٧) قادوس لرفع الشحنة بواسطة المصعد

وتختلف الأفران العاليـة بعضها عن بعض شكلا وحجما تبعا لنوع الحديد الغفل الذى يصهر فيها، لكن هذا الاختلاف لايتناول الأجزاء الرئيسية منها. وقد كان الفرن العالى يقام قديما من بناء من الطوب اسطوانى الشكل ويبطن من الداخل بالطوب الحرارى إلا أنه رؤى بعد ذلك وجوب تسليحه ليقاوم مختلف الجهود التى تقع عليه فغطى من الخارج باسطوانة من ألواح الصلب، وبديهى أن سمك جداره نقص كثيرا . ثم تطور بناء الفرن الى أن أصبح فى شكله الحديث بنـاء من صاج الصلب مبطن داخله بالطوب الحرارى . لكن لوحظ بالتجربة أن أعظم تأثير على البناء ينتج من فعل الحرارة المتولدة من احتراق الوقود وما يلازم ذلك من التفاعل الكيمائى داخل الفرن . وقديما كانت تعمل البطانة من طبقتين ينحصر بينهما كمية من الرماد قصد تكوين مادة عازلة تمنع تشعع الحرارة خارج الفرن ، وتُعطى البناء حرية التمدد والانكماش إلا أنه وجد بعد ذلك أنه من الضرورى ألا يكون العزل تاما كى تتشعع كمية من الحرارة فيقلل ذلك من متاعب إصلاح بناء الفرن وبطانته وبذلك أصبح الفرن الحديث مكوّنا من بطانة من الطوب مغلفة بألواح من الصلب . وشكل (١٣) يبين انموذجا عاما للفرن العالى فى صورته وتركيب أجزائه [١] يُحمل غلافه على حلقة من كمرات الصلب محمولة على أعمـدة من الصلب ، وحديثا جعل ارتفاع تلك الأعمدة مناسبا حتى يكبر الجزء الأسفل

---

(١) قد تطور شكل الفرن العالى كثيرا فى الخمسين سنة الأخيرة . فبعد ان كان ضخم الحجم جدا ويبنى من الطوب ثم يحاط باطواق من الحـديد وتترك قته مفتوحة فتتسرب منها الغازات وتلتهب أصبح الآن أخف كثيرا عن ذى قبل ويبنى من ألواح الصاج كما أصبح مقفول القمة حتى يمكن الاستفادة من الغازات المتولدة فيه .

من الفرن فيساعد ذلك على تشعع الحـرارة من أسفله . وشكل (١٤) يبين الجزء الأسفل من الفرن بغاية الوضوح .



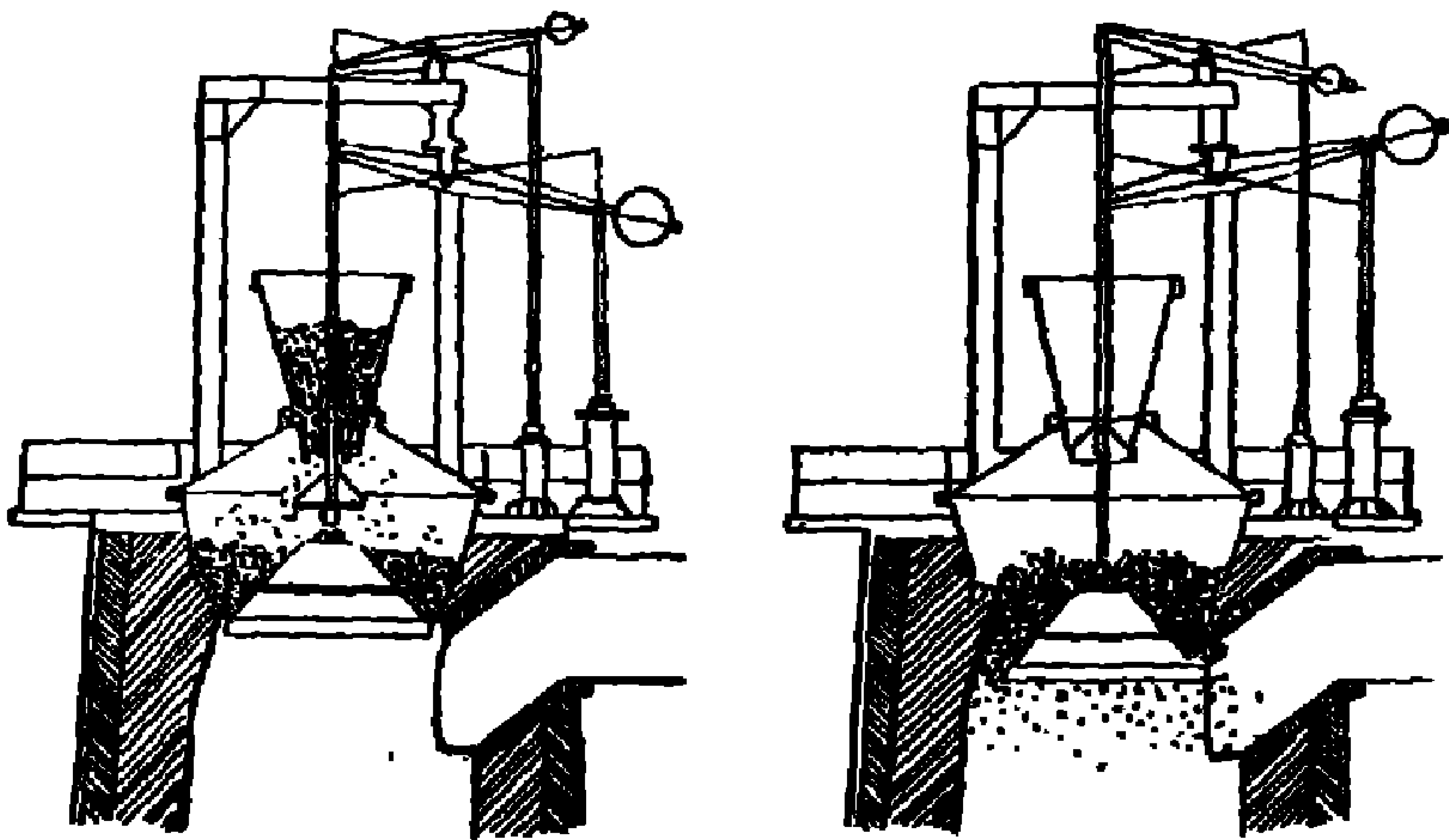
(شكل ١٤)

(١) المرقد
(٢) الودنة
(٣) ماسورة الهواء
(٤) فتحات جانبية لاشعاع الحرارة
(٥) المخروط الأسفل
(٦) الأعمدة الحاملة
(٧) ماسورة توصيل الهواء للودنات
(٨) الغلاف الخارجى
(٩) دكة الأساس

أما تركيب الفرن من الداخل فالجزء الأسفل منه عبارة عن اسطوانة ذات قاع تدعى مرقـد المعدن (الخزانة) [1] ثم يأتى فوق الاسطوانة مخروطان ناقصان متحدا القاعدة ينتهى الأسفل منهما بالأسطوانة و ينتهى الأعلى بعنق الفرن المتصل بالفوهة . والمخروط الأعلى موضوع بحيث يتسع قطره تدريجا الى أسفل لكن بدرجة ميل أشد من المخروط الأعلى . وهذا الوضع ضرورى جدا للأسباب الآتية :

(١) مرقد المعدن هو جزء الفرن الذى يوضع فيه المعدن لتسخينه أو تحميره أو صهره وسنختصره الى لفظ "مرقد" فقط .

ان الشحنة عند نزولها من عنق الفرن الضيق الى جوف المخروط العلوى تتفرق أثنـاء هبوطها الى المناطق المتسعة من هـذا المخروط فتختلط جيدا بعضها ببعض ثم تقل سرعتها فى هذه المناطق وتمكث فيها زمنا كافيا لإتمام بعض التفاعلات الكيمائية الضرورية . لكن فى المناطق السفلى للفرن حيث يحترق الوقود بسرعة وينصهر الحـديد بسرعة أيضـا فان الشحنة تنكمش وينقص حجمها ويستدعى الأمر حينئذ أن يضيق المخروط الأسفل بدرجة ميل أكثر من المخروط الأعلى حتى يُضمن هبوط الشحنة نحو المرقد بانتظام. وحينما ينصهر الحديد يتساقط أولا بأول فى المرقد ويتساقط معه الخبث الذى يطفو على وجهه نظرا لخفته . ولإخراج المعدن المصهور تفتح سـدادة من الطين الحرارى موضوعة فى ثقب فى أسفل المرقد غير ظاهر فى الرسم فيسيل المعدن المصهور منه . أما الخبث فإنه يخرج من ثقب آخر فى النهاية العليـا للمرقد . وأما فوهة الفرن فتكون على شكل قادوس . ويصنع القادوس وغطاؤه من الزهر . ويصنع الغطاء على شكل ناقوس يُرفع ويُخفض عند الطلب . والناقوس متصل بإحدى طرفى رافعة مركب بطرفها الآخر ثقل موازن ، وشكل (١٥) يبين ناقوسا حديثا للأفران العالية . ومن النظر إلى الشكلين يفهم بسهولة طريقة الشحن ، وقد تكوّن من قادوسين يعلو أحدهما الآخر لمنع



(شكل ١٥ — القادوس)

تسرب الغازات عند شحن الفرن فيملأ الفرن بوضع شحنة من الوقود والحديد الغفل ومساعد الصهر فى القادوس العلوى فيؤثر ثقل الشحنة على الناقوس العلوى ويدفعه الى أسفل فتسقط الشحنة فى الناقوس الأسفل وتصير بمعزل عن الخارج بعد أن يغلق الناقوس العلوى[1] ، ومتى تم ملء القادوس الأسفل يهبط ناقوسه فتسقط الشحنة الى الفرن . وفى العادة تثبت فى الروافع مانعة صدمة لتمنع تصادم الناقوس بالقادوس . وتتكون مانعة الصدمة من اسطوانة مملوءة بالزيت يتحرك داخلها مكبس يتصل ساقه اتصالا مفصليا برافعة الناقوس ، ويتصل طرفا الاسطوانة بعضهما ببعض بماسورة ينتقل بواسطتها الزيت من أحد طرفى الاسطوانة الى الطرف الآخر عند تحرك المكبس ، فبمقاومة هذا الزيت لحركة المكبس يمنع الرافعة من الصعود أو الهبوط بفجأة برجة شديدة لأنها إن فعلت ذلك يخشى من تصدع الناقوس أو القادوس من أثر الصدمة . وبتكرار عملية الشحن بهذه الطريقة يملأ الفرن حتى عنقه تقريبا .

وفى النهاية العليا فى بعض الأفران يوجد سطح متسع (سندره) يمتد حول فوهة الفرن ويستخدم كمستودع مؤقت لعربات الشحنة تخزن فيه قبل تفريغها فى جوف الفرن . وعربات الشحنة تسع الواحدة منها نحو طن واحد وترفع إلى السطح بواسطة مصاعد تشتغل بالماء أو بالبخار أو بالهواء المضغوط ثم تفرغ فى القادوس على جوانب الناقوس . لكن فى الأفران الكبيرة لا سيما الحديثة الطراز توضع الشحنة فى قواديس تتحرك آليا على مستو مائل حتى تصل إلى قمة الفرن فتفرغ محتوياتها أتوماتيكيا على جوانب الناقوس بحيث لا تتراكم بعضها فوق بعض بل توزع بانتظام على محيط الناقوس .

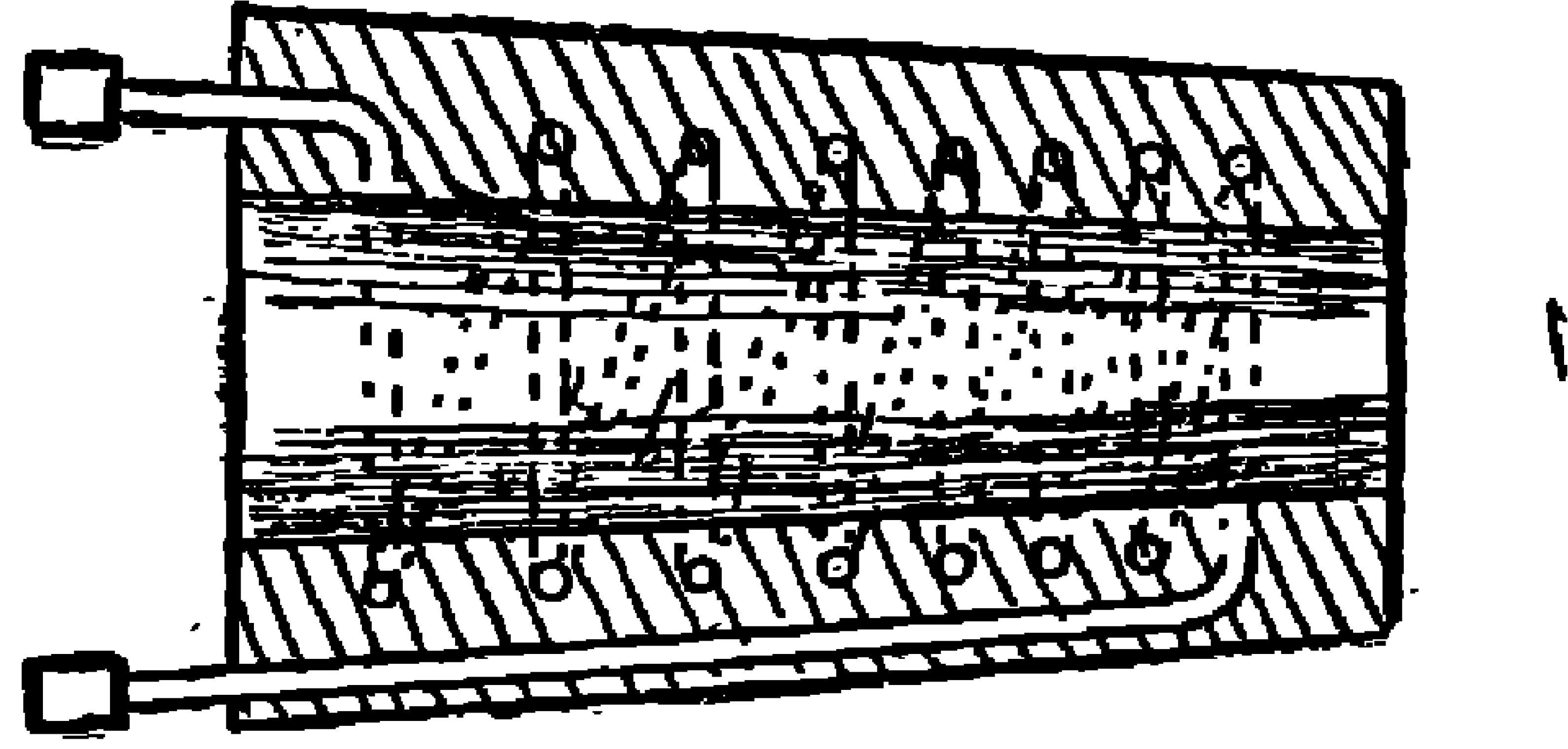
---

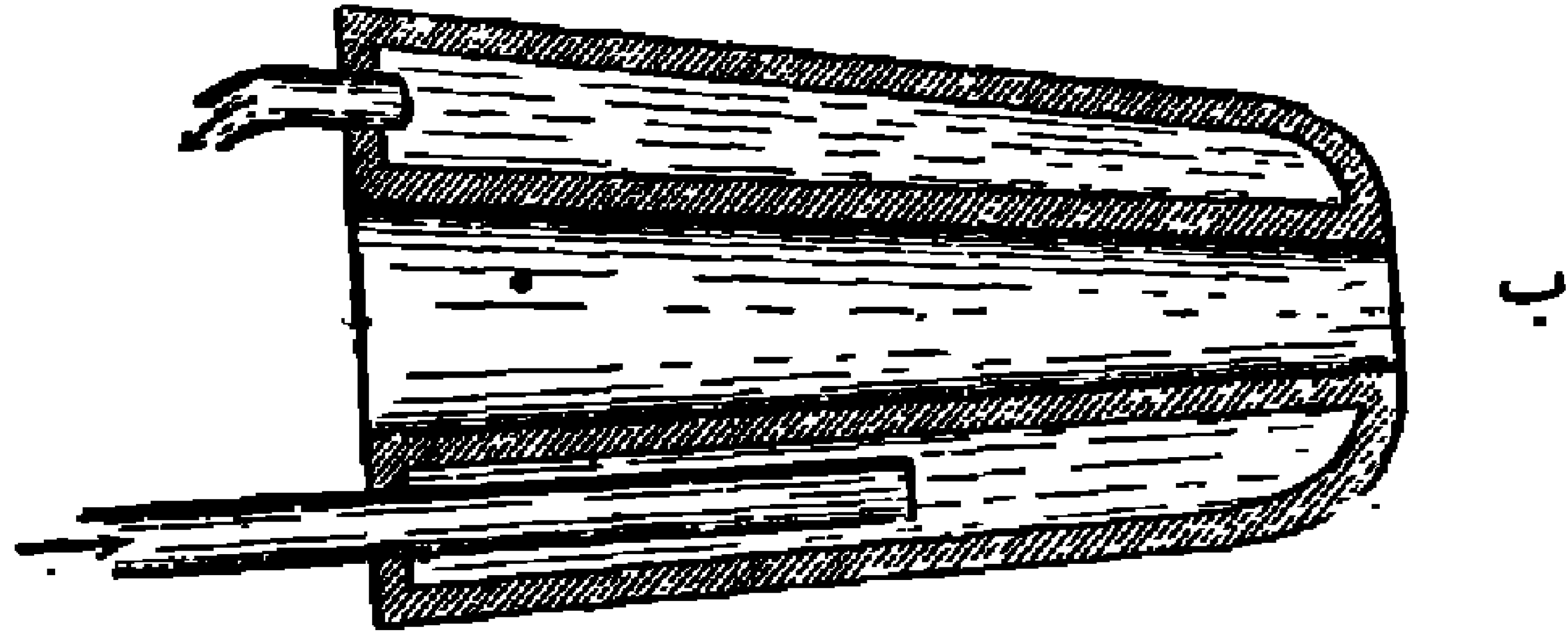
(١) نظام الناقوس والقادوس يمنع تسرب الغازات من الفرن لكن قبل اختراعهما فى سنة ١٨٥٠ كانت الغازات تترك لتتسرب فى الهواء ونظرا لارتفاع درجة حرارتها كانت تلتهب وكان ضوء لهيبها يرى على بعد عدة أميال .

ويرد الهواء إلى الفرن عن طريق ماسورة عمومية مقوسة على شكل حدوة الفرس ومبطنة بالطوب الحرارى وتحيط بالجزء الأسفل من الفرن ما عدا الواجهة . وتتصل هذه الماسورة بجوف الفرن بواسطة مواسير فرعية منتهية ببوارى تدعى ودنات تنفذ من غلاف الفرن وبطانته الحرارية بالقرب من قمة الموقد . ويختلف عددها من أربعة إلى سبعة فى الأفران القديمة ومن ثمانية إلى اثنى عشر فى الأفران الحديثة . وهى موزعة بانتظام على مسافات متساوية فيمر الهواء منها إلى الفرن ويمده بكمية الأوكسيجين اللازم للاحتراق والاختزال . ولكل من هذه المواسير الفرعية محبس خاص لتنظيم كمية الهواء المار بها كما أنه يوجد بكل منها فتحة مقفلة بقطعة من الميكا الشفافة يمكن منها رؤية ما بداخل الفرن .

والغازات الناتجة من احتراق الوقود وانصهار الحديد الغفل وافرة الكمية . وتمر من فتحة عند عنق الفرن قطرها من خمسة إلى ستة أقدام الى ماسورة متسعة مبطنة بالطوب الحرارى تسمى الماسورة النازلة . ويوجد بين الفتحة والماسورة المذكورة صمام يمكن بواسطته تحويل الغازات إلى هذه الماسورة أو إلى ماسورة أخرى صغيرة تسمى الماسورة الصاعدة مفتوحة للهواء . وأثناء اشتغال الفرن يكون الصمام عادة مفتوحا إلى الماسورة النازلة فتمر الغازات منها إلى مصيدة الغبار ثم إلى سراديب سفلية تؤدى إلى الجهات المطلوب استخدام الغازات فيها . ووظيفة هذه المصيدة جمع الغبار المندفع مع الغازات أثناء خروجها من الفرن وفصله عنها لأنه مضر جدا لا سيما اذا كانت الغازات تستخدم فى إدارة المحركات الغازية . لكن فى بعض الحالات قد يدعو الأمر إلى تحويل الغازات للماسورة الصاعدة حيث تحترق هذه الغازات عند الفوهة العليا لهذه الماسورة . وقد كان ذلك متبعا فيما مضى عند هبوط الناقوس لوضع الشحنة، لكنه قد أبطل تقريبا فى الوقت الحاضر. والودنات

السابق الإشارة اليها معرضة لحرارة الفرن الشديدة ، لذلك يلزم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع انصهارها . ولهذا الغرض قد صممت أنواع كثيرة من الودنات نكتفى بذكر اثنتين منها بشكل (١٦) فالودنة « أ » تتكون





(شكل ١٦)

من بورى من الزهر مخروطى الشكل تمر بداخله ماسورة من الحديد على شكل ملف حلزونى لمرور مياه التبريد ، والودنة «ب» تتكون من بورى يحيط به قميص لمرور مياه التبريد ، وتبين الأسهم الدورة الطبيعية للمياه . وعند اشتغال الفرن يسمح للماء البارد بالمرور فى الملف الحلزونى أو فى القميص فيمتص الحرارة من الودنة و يمنع انصهارها .

حجم الأفران العالية — الأفران ذات السعة الكبيرة أرجح عمليا من الوجهة الاقتصادية ، والأفران العظيمة الارتفاع تستهلك لكل طن من المعدن المنصهر كمية من الوقود أقل من الأفران القليلة الارتفاع وذلك لأن عظم ارتفاع الفرن يجعل المسافة التى تمر بها الغازات الصاعدة طويلة فتتمكن الشحنة من امتصاص أكبر كمية من الحرارة المخزونة فى هذه الغازات وبذلك يحصل وفر محسوس فى الوقود . لكن هناك حدا يلزم أن ينتهى عنده ارتفاع الفرن وهو

١٠٠ قدم تقريبا لأنه إن زاد عن ذلك ينسحق الوقود من ثقل الحديد الغفل المختلط به فيعيق سير الغازات المتصاعدة من الفرن ويفسد عملها وعلى ذلك فالأفران التى تستعمل وقودا أشد صلابة يمكن جعلها أكثر ارتفاعا . أما التى يكون وقودها سهل الانسحاق فيلزم ألا يزيد ارتفاعها عن ستين قدما كما فى الأفران التى تستعمل فحم الخشب أو الفحم الحجرى . والقطر الداخلى للفرن عند القاعدة المشتركة للخروطين يلزم أن يكون متناسبا مع الارتفاع بحيث لا يقل عن خمسه ولا يزيد عن خمسيه لكن النسبة الأكثر استعمالا هى سبعين ($\frac{٢}{٧}$) وعلى العموم يلزم ألا يقل هـذا القطر عن ١٧ قدما وألا يزيد عن ٢٣ قدما . أما إن زاد عن ذلك فانه يصعب على تيار الهواء النفاذ الى قلب منطقة المواد المنصهرة . لكن هـذه القيود لا تمنع من وجود أفران تتجاوز أبعادها الحدود القصوى المذكورة أعلاه . وهذه الأفران هى غالبا من الطراز القديم ويصعب على أربابها تغييرها فيؤثرون تشغيلها بطريقة غير اقتصادية على تكبد مصاريف تغييرها .

الشحنة — وتتكون عادة من الحديد الغفل ومساعد الصهر والوقود بنسب مختلفة تبعا لنوع الحديد الغفل وأحيانا تبعا لطراز الفرن وتيار الهواء المستعمل فيه . فاذا كان نوع الحديد الغفل مثلا هو الهماتيت الأحمر فإنه للحصول على طن واحد من الحديد المصهور (الزهر الخام) يلزم وضع شحنة مكونة من ٣٣ إلى ٤٠ قنطارا انجليزيا من الهماتيت الأحمر ومن ٧ إلى ١٠ قناطير من حجر الجير ومن ١٩ إلى ٢٥ قنطارا من الفحم الكوك .

تيار الهواء — ويرد إلى الفرن عن طريق الودنات طيلة اشتغاله ، ويحتاج الفرن العالى المبنى على الطراز الحديث نحو خمسين ألف قدم مكعب من الهواء فى الدقيقة ، وهذا الهواء يختلف ضغطه من ٣ أرطال إلى ١٥ رطلا على البوصة المربعة ، ويحضر بواسطة طلمبات هوائية تديرها محركات غاز تستمد وقودها من

غازات الأفران العالية . فالهواء ذو الضغط الواطئ (من ٣ — ٥) أرطال يستخدم فى الأفران المتوسطة الحجم التى وقودها الفحم الحجرى . والهواء ذو الضغط العالى يستخدم فى الأفران الحديثة الكبيرة الحجم ، وكذلك فى الأفران التى وقودها الفحم الكوك أو الفحم الانتراسيت ، أما فى الأفران الصغيرة جدا التى وقودها الفحم الخشب فقد لا يزيد فيها ضغط الهواء عن نصف رطل .

تيار الهواء الساخن — كانت درجة حرارة الهواء المستخدم فى الأفران العالية فيما مضى هى درجة حرارة الجو . لكن فى عام ١٨٢٨ شرع نلسن (Nelson) فى معمل الكليد باسكتلنده فى استخدام الهواء الساخن فلم تمض بضع سنين حتى صار استخدام هذا الهواء عاما .

ومزايا الهواء الساخن هى :

(أولا) أنه يجعل استخدام الفحم الحجرى ممكنا بدلا من الكوك ويترتب على ذلك وفر كبير فى مصاريف صهر وتكرير الحديد الغفل نظرا لرخص ثمن الفحم الحجرى عن فحم الكوك .

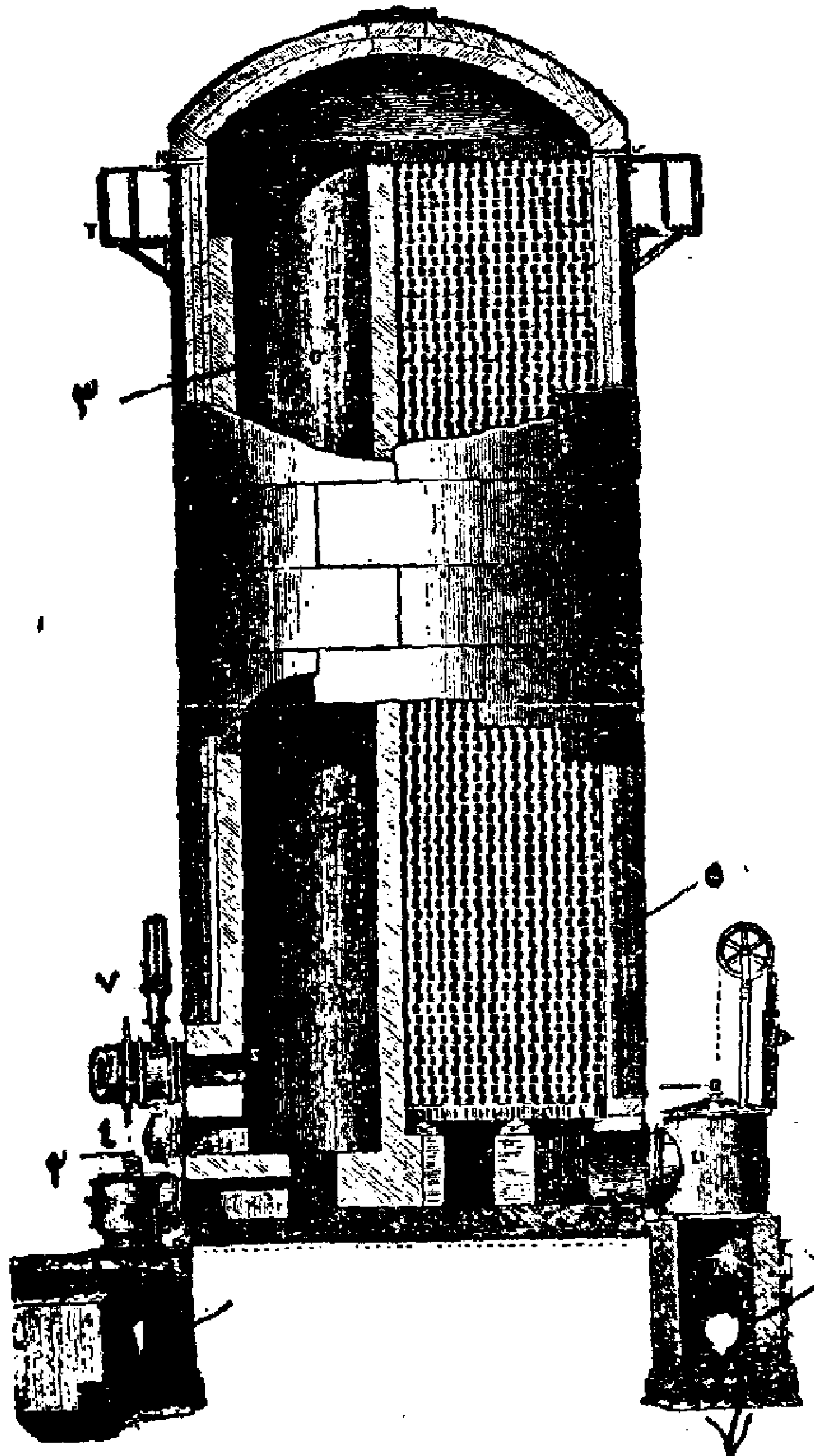
(ثانيا) أنه يحدث وفرا محسوسا فى كمية الوقود اللازمة للفرن نظرا لورود الهواء الساخن بدلا من تسخينه داخل الفرن نفسه .

(ثالثا) أنه يجعل شغل الفرن أكثر انتظاما وأقل تأثرا بالمؤثرات الجوية .

ودرجة حرارة الهواء الساخن يختلف باختلاف نوع الوقود ونوع الحديد الغفل فاذا كان الوقود من فحم الخشب فان الهواء يسخن إلى درجة تختلف من ٢٠٠° إلى ٣٥٠° مئوية . أما إذا كان الوقود من فحم الانتراسيت أو فحم الكوك فإن الهواء يسخن إلى درجة تختلف من ٧٠٠° إلى ٨٣٠° مئوية .

مسخنات الهواء — ويسخن الهواء بمروره داخل أجهزة تعرف باسم المسخنات الهوائية ، وأغلبها يشتغل على نظرية الترجيع الحرارى ، ويوضع منها

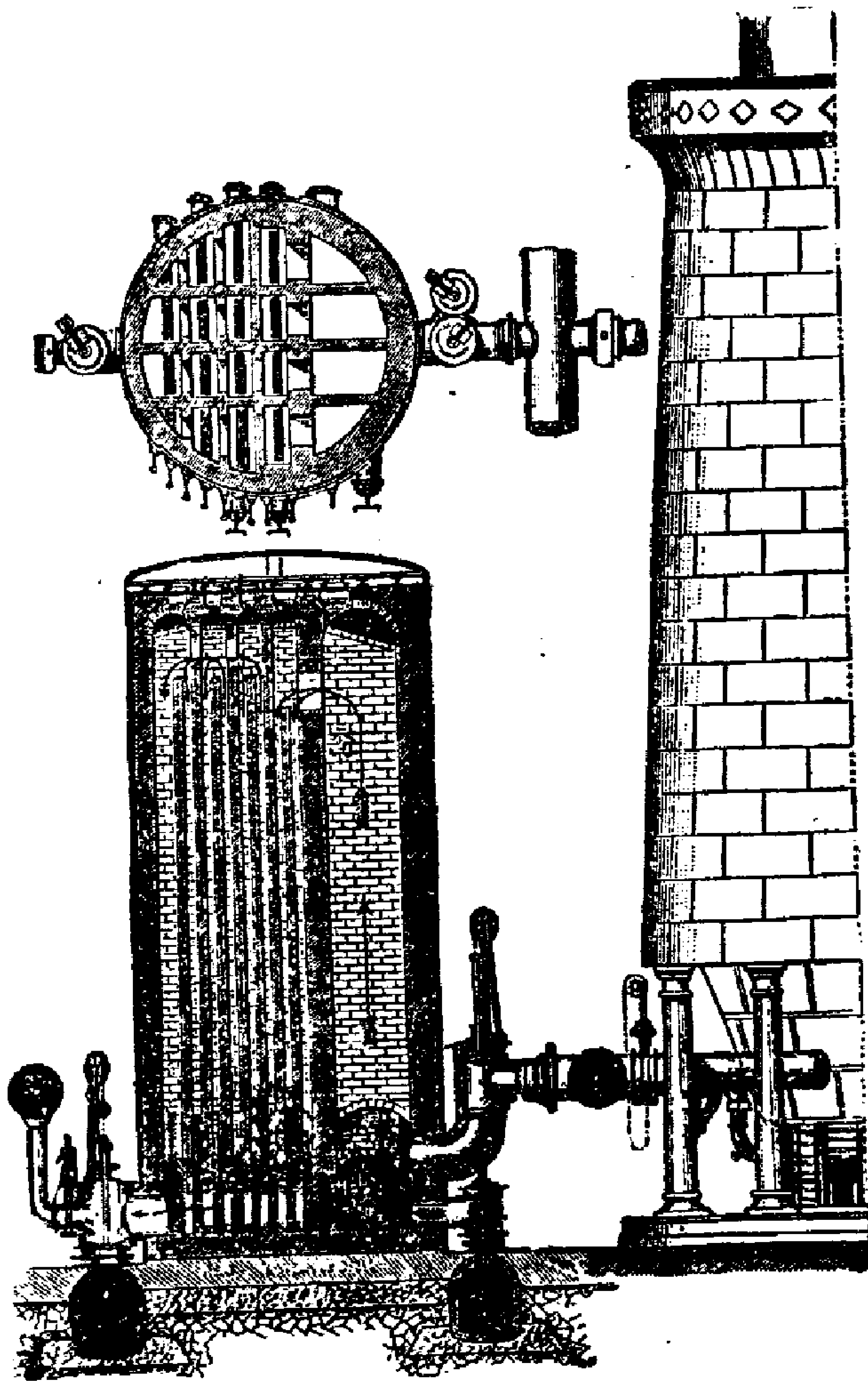
عادة لكل فرن اثنان فأكثر تشتغل بالتناوب، وذلك إن كانت المسخنات من النوع ذى الترجيع الحرارى . وشكل (١٧) يبين مسقطا رأسيا لمسخن من هذا النوع ، وقد أزيل جزء من غلافه الخارجى لتظهر بعض تفاصيله الداخلية . و يتركب هذا المسخن من اسطوانة رأسية مصنوعة من ألواح الصاج ومبطنة بالطوب الحرارى داخلها قناة رأسية (٣) تسمى قناة الاحتراق، و بجوار القناة غرفة (٥) محاذية لها ومملوءة بصفوف من الطوب الحرارى موضوعة بعضها فوق بعض بطريقة تسمح للغازات أو الهواء بحرية المرور خلال الطوب وتعرض أكبر سطح منه لامتصاص الحرارة أو ترجيعها وتسمى غرفة الترجيع . ويشتغل هذا المسخن كما يأتى :



(شكل ١٧ — المسخن)

ترد غازات الأفران العالية الى المسخن عن طريق السرداب (١) وتمر منه عن طريق الصمام (٢) إلى قناة الاحتراق (٣) حيث تختلط بالهواء الجوى الوارد عن طريق الصمام (٤) فتحترق . والغازات الناتجة عن هذا الاحتراق تنتشر صعدا خلال القناة إلى قمة المسخن ثم تنعكس منه الى غرفة الترجيع فتلامس سطح الطوب وتتخلل التجاويف الواقعة بينه فتتخلى له عن أغلب حرارتها ، ثم تترك الغرفة بعد أن تكون درجة حرارتها قد هبطت لما يقرب

من ١٥٠° — ٢٠٠° مئوية ، وتنفذ الى الجو عن طريق المدخنة (٦) . وباستمرار مرور الغازات مدة قليلة تصل حرارة المسخن إلى ما يقرب من ٩٠٠° مئوية وهى الدرجة المطلوبة ، وعندها يقفل صماما الهواء الجوى وغازات الأفران وكذلك صمام المدخنة ثم يفتح صمام[1] تيار الهواء البارد الوارد من الطلمبات والمطلوب تسخينه وكذلك صمام الهواء الساخن (٧) المؤدى للودنات فى الأفران العالية ، فيدخل تيار الهواء من أسفل غرفة الترجيع ويمر صعدا خلال الطوب الساخن فيسلبه أغلب حرارته ، ثم ينعكس من القمة إلى جوف قناة الاحتراق وينفذ منها الى الأفران العالية عن طريق الصمام (٧) حيث تكون درجة حرارته نحو ٧٥٠° مئوية . ثم إنه فى الوقت نفسه الذى تجرى فيه عملية تسخين تيار الهواء فى هذا المسخن تجرى بالمسخن المجاور له عملية احتراق الغازات فى القناة وهكذا دواليك . وشكل (١٨) يبين مسخنا من نوع ثانٍ يختلف عن الأول فى أن غرف الترجيع فى الثانى



(شكل ١٨)
مسخن هواء وطريقة اتصاله بالفرن العالى

(١) هذا الصمام غير مبين بالرسم لكنه يقع فى أسفل غرفة الترجيع .

مكونة من جدران رأسية بدلا من الطوب الحرارى ، وذلك زيادة فى تسهيل عملية التنظيف ، وهذا الشكل يبين أيضا طريقة توصيل المسخن بالفرن العالى.

التفاعل الكيميائى للشحنة فى الفرن العالى — يُشحن الفرن بشحنة مكونة من مادة الوقود (١) والحديد الغفل ومساعد الصهر . وسنبدأ الآن بشرح الأدوار التى تمر فيها كل مادة من مواد الشحنة فى كل منطقة من مناطق الفرن . ويمكن بالتقريب تقسيم الفرن الى خمس مناطق : (١) منطقة الشحن (٢) منطقة التسخين (٣) منطقة الاختزال (٤) منطقة التكربن (٥) منطقة الانصهار . وطبيعى أن تكون درجة الحرارة متغيرة فى كل منطقة وتختلف كثيرا عن الأخرى ومن الرسم (شكل ١٣) يمكن بالتقريب فهم تلك المناطق.

التفاعل الكيميائى للوقود — نفرض الآن أن الفرن متقد . ففى المنطقة السفلى للفرن وفوق سطح المعدن المنصهر حيث يتوافر الأوكسيجين الداخل مع الهواء الساخن يتحد أوكسيجين ذلك الهواء مع كربون الفحم الكوك مكونا ثانى أوكسيد الكربون :

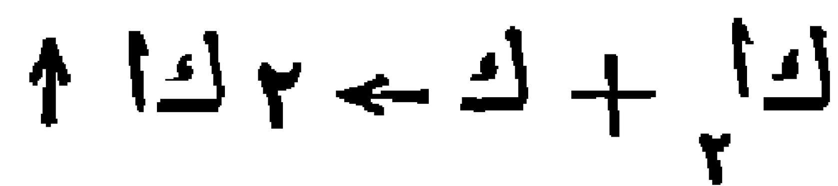


ويحدث ذلك فى منطقة الانصهار . وعند النهاية العليا لتلك المنطقة تخرج غازات ثانى أوكسيد الكربون حيث يبدأ أوكسيجين الهواء أن يقل تدريجيا فيتحد كربون الوقود مع ثانى أوكسيد الكربون الصاعد من منطقة الانصهار ويتحول الى أول أوكسيد الكربون كما هو ممثل فى المعادلة الآتية :

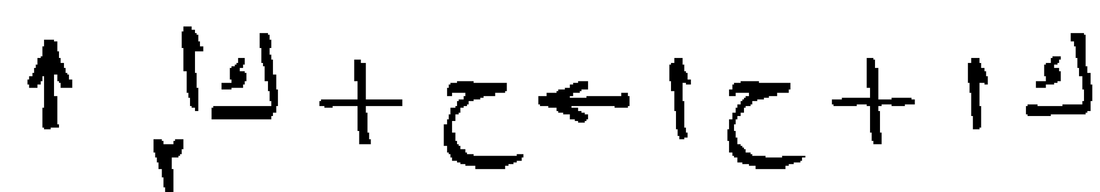


(١) فى الأفران التى يستعمل فيها الفحم الحجرى وقودا يتحول هذا الفحم الى فحم كوك فى المناطق العليا للفرن .

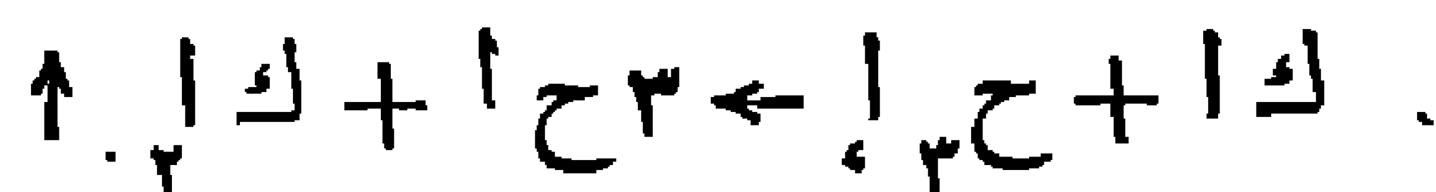
ويبدأ غاز أول أوكسيد الكربون بعد خروجه من منطقة الانصهار ودخوله الى منطقة التكربن أن يلعب دوره المهم . ففى هذه المنطقة يمتص الحديد كمية من الكربون الموجود فى أول أوكسيد الكربون فيستحيل هذا الغاز إلى ثانى أوكسيد الكربون مرة أخرى وتسمى تلك المنطقة منطقة التكربن نسبة لامتصاص الحديد كمية من الكربون ويخرج غاز ثانى أوكسيد الكربون من منطقة التكربن حيث يدخل فى منطقة الاختزال وفيها يكثر كربون الوقود لدرجة عظيمة فيسطو على غاز ثانى أوكسيد الكربون و يرجعه الى أول أوكسيد الكربون كما هو ممثل بالمعادلة الآتية :



ثم يبدأ غاز أول أوكسيد الكربون أن يختزل الأوكسيجين الموجود فى الحديد الغفل فى منطقة الاختزال :



وسرعان ما يتكون ثانى أوكسيد الكربون الذى يسطو عليه كربون منطقة الاختزال فيعيده الى أول أوكسيد الكربون الذى يختزل مرة أخرى كمية من أوكسيجين الحديد الغفل و يستحيل إلى ثانى أوكسيد الكربون كما هو ممثل بالمعادلة الآتية :



و بمجرد تكون ثانى أوكسيد الكربون يسطو عليه كربون منطقة الاختزال فيرجعه مرة أخرى إلى أول أوكسيد الكربون الذى يتحد مع الحديد الغفل و يختزل كمية من الأوكسيجين كما فى المعادلة الآتية :



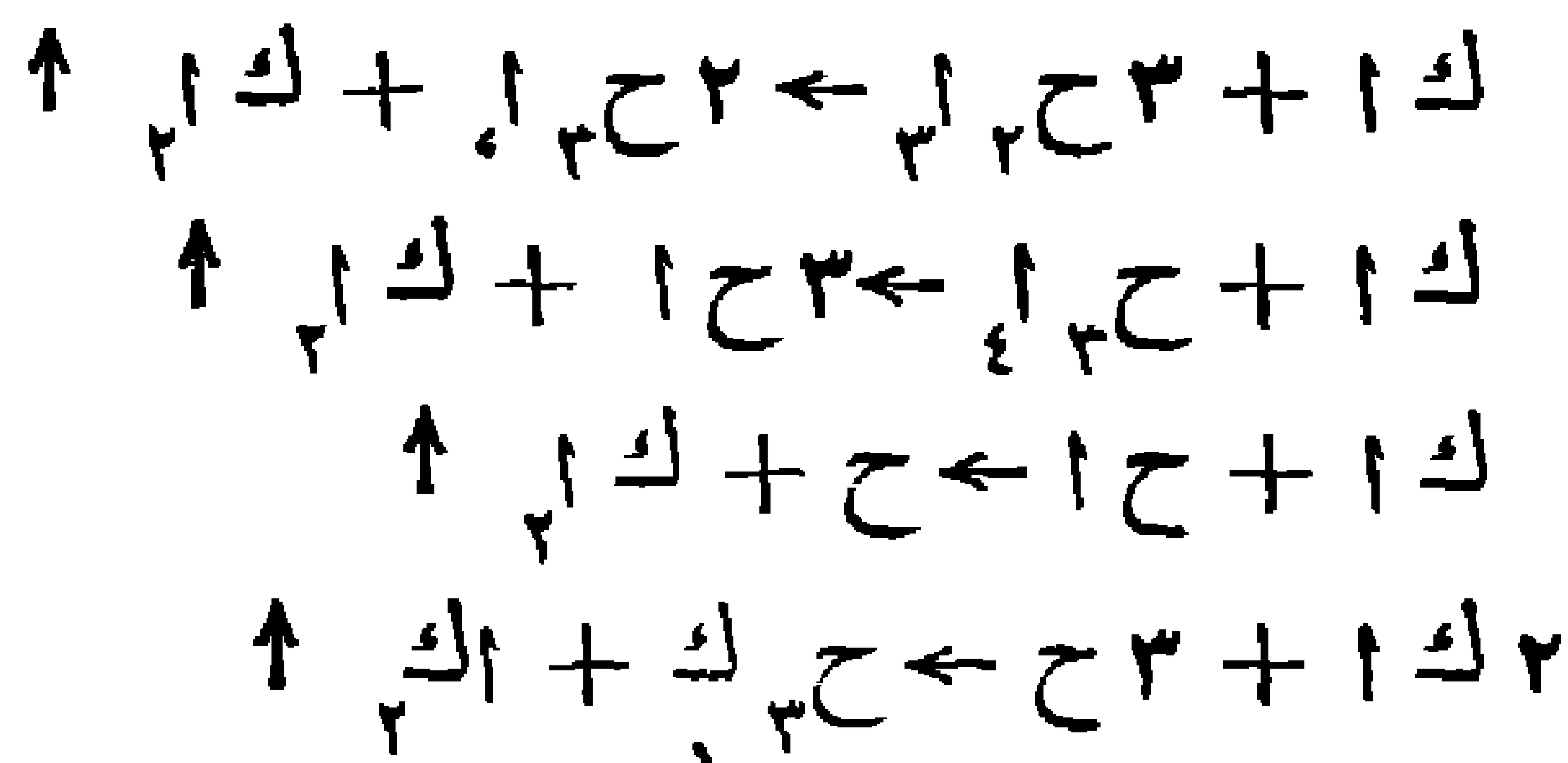
وبإعادة النظر الى المعادلات السابقة وتأثير غاز أول أوكسيد الكربون نجد أنه يتحول مرة الى ثانى أوكسيد الكربون فيختزل جزءا من أوكسيجين الحديد الغفل ثم يتحول مرة أخرى الى أول أوكسيد الكربون وهكذا دواليك .

وبالنسبة لغزارة كمية الكربون الموجودة فى الفحم الكوك فان كمية غاز أول أوكسيد الكربون التى تخرج من منطقة الانصهار تكون كبيرة لدرجة أن جزءا منها هو الذى يلعب دور الاختزال بينما ينفذ الباقى خلال منطقة الانصهار حاملا معه كمية من الحرارة دون أن يلعب أى دور فى الاختزال ويدخل منطقة التسخين حيث ينبذ جزءا من هـــذه الحرارة الى الشحنة الداخلة فيرفع درجة حرارتها وتساعد درجة الحرارة الوقود على تحلل مواده .

وفى منطقة التسخين حيث يكون الكربون غزيرا فانه يسطو على ثانى أوكسيد الكربون الخارج من منطقة الاختزال فيرجع جزءا كبيرا منه الى أول أوكسيد الكربون .

التفاعل الكيميائى للحديد الغفل — للحديد ثلاث أوكسيدات وهى : أوكسيد الحديدوز (ح ا) وأوكسيد الحديديك (ح$_{٢}$ ا$_{٣}$) وأوكسيد الحديد المغناطيسى (ح$_{٣}$ ا$_{٤}$). ويتوقف بدء التفاعل الكيميائى للحديد الغفل على نوع الغفل المستعمل فإن كان أوكسيد الحديديك (الهماتيت الأحمر) تحول أولا إلى أوكسيد الحديد المغناطيسى ثم الى أوكسيد الحديدوز وبعدئذ الى حديد ، واذا كان الغفل المستعمل هو أوكسيد الحديد المغناطيسى (الماجنتيت) تحول إلى أوكسيد الحديدوز كما يفهم ذلك مما يلى. وإذا كان الغفل المستعمل هو أوكسيد الحديديك فعند دخوله فى منطقة التسخين ترتفع درجة حرارته وينبذ جميع ابخرة المياه إن وجدت ، وبمجرد مايدخل منطقة الاختزال يبدأ

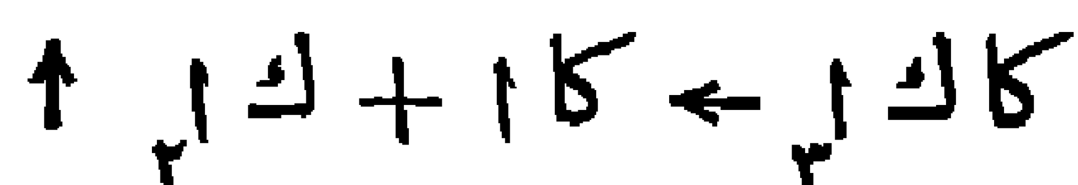
أول أوكسيد الكربون أن يلعب دوره كما سبق شرحه فى التفاعل الكيميائى للوقود . وتتلخص معادلاته الكيميائية فيما يأتى :



وبهبوط الحديد تتم كربنته فتنخفض درجة حرارة انصهاره وينصهر ثم يتساقط الى قاع الفرن حيث يتجمع سائلا يتشرب جزءا من السليكون والمانجنيز والفسفور الخ .

التفاعل الكيميائى لهواء الفرن — عند دخول الهواء الساخن الى الفرن من الودنات يتحد أوكسيجينه بالوقود مكونا لغاز ثانى أوكسيد الكربون الذى يأخذ مجراه كما سبق شرحه أما النيتروجين (الأزوت) فانه ينفذ خلال طبقات الفرن فيكتسب كمية من حرارتها ينبذ جزءا منها فى منطقة التسخين ويتحد القليل منه بكمية من الايدروجين الموجود فى الوقود مكونا النوشادر ويخرج باقى النيتروجين مع الغازات الصاعدة .

التفاعل الكيميائى لمساعد الصهر — سبق القول ان معظم مساعدات الصهر المستعملة هى الحجر الجيرى الذى هو كربونات الكلسيوم (كاك ا$_{٣}$) وهذه تتحلل فيما بين درجتى ٥٥٠° ، ٩٥٠° مئوية الى أوكسيد الكلسيوم (الجير الحى) وثانى أوكسيد الكربون كما فى المعادلة الآتية :



فيتحد ثانى أوكسيد الكربون مع الكربون الموجود فى الفرن متحولا الى أول أوكسيد الكربون بينما يتحد أوكسيد الكلسيوم مع السليكا والأخلاط

الأخرى مكونا مادة قابلة للصهر تهبط الى قاع الفرن حيث تنصهر وتطفو فوق الحديد السائل لأنها أخف منه وهذه المادة هى خبث الحديد .

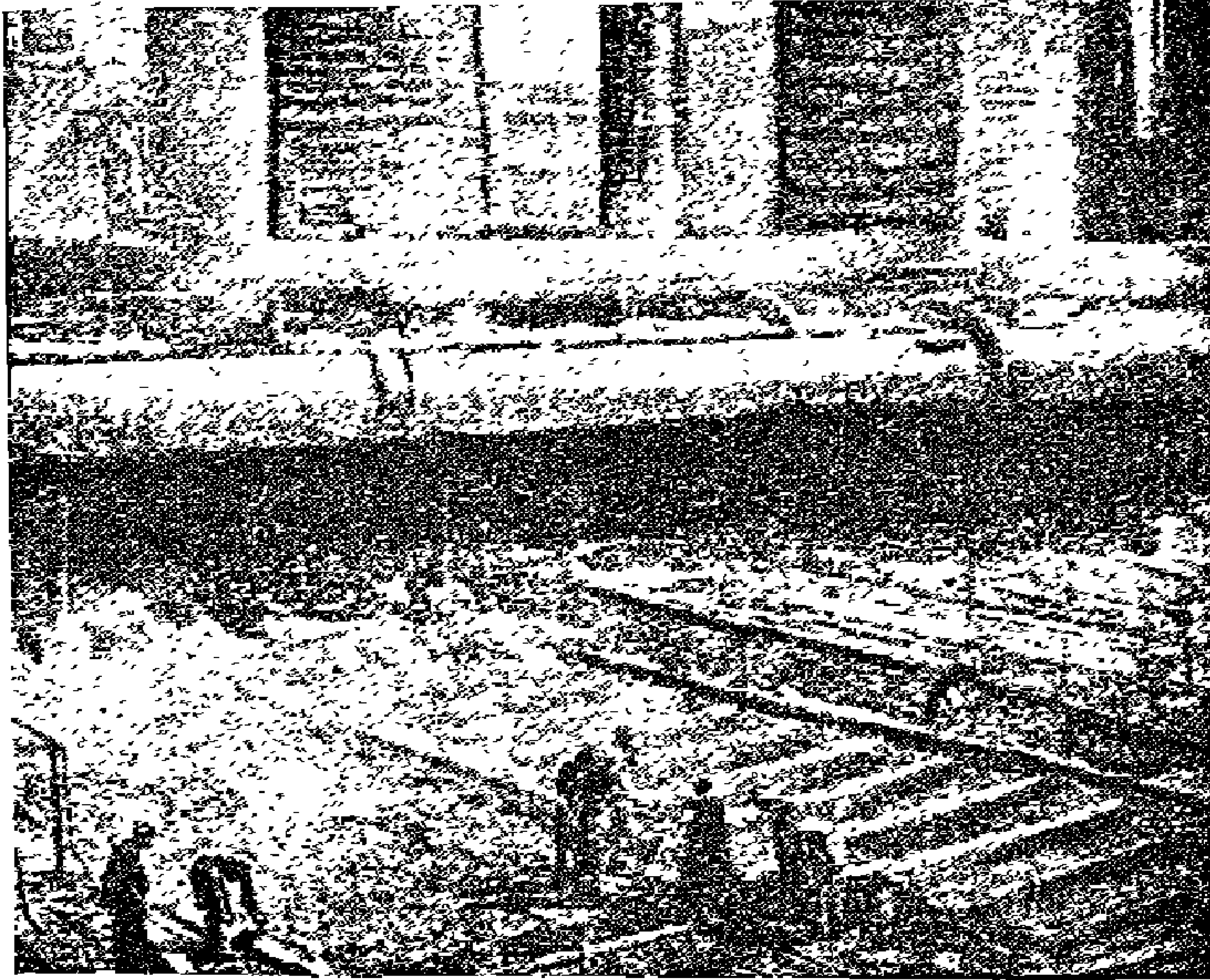
وخلاصة القول أن غاز أول أوكسيد الكربون هو الذى يلعب أهم دور فى التفاعلات الكيميائية للفرن العالى .

استخراج المعدن المنصهر والخبث من الفرن — عندما يتم انصهار المعدن تفتح السدادة الخاصة بالخبث والمركبة على ثقب فى النهاية العليا للمرقد (الخزانة) فيسيل منه الخبث ويستقبل اما فى حفر مصنوعة على شكل مخروط مقلوب فى وسطها سيخ فيتجمع الخبث حول السيخ ويتجمد ثم يربط فى سلسلة ونش ينقله الى عربات معدة خصيصا لهذا الغرض تحمله الى كومة الخبث ، وإما يستقبل مباشرة فى عربات تنقله الى الكومة المذكورة. فاذا ماسال كل الخبث أو جله تفتح السدادة الخاصة بالمعدن المنصهر (أى السائل) والمركبة على ثقب آخر قريب من قاع المرقد فيسيل منها المعدن حتى آخره ثم يتبعه الخبث الذى قد يكون متبقيا وطافيا على وجهه . لكن فى هذه اللحظة يبدأ الهواء فى الخروج بشدة من الثقب مصحوبا بشرر فعند ذلك يسد الثقب بسدادة من الطين الحرارى الطرى وتضغط بسيخ لتجمد.

والزمن اللازم لانصهار المعدن واستخراجه يعرف بالخبرة والمران وذلك بالنظر خلال الفتحات المغطاة بالميكا الشفافة . وهذا الزمن يختلف عادة من ست الى ثمانى ساعات، وأحيانا الى اثنتى عشرة ساعة تبعا لحجم الفرن وسرعة الكرير. ففى اسكتلندا مثلا يستخرج المعدن مرة كل ١٢ ساعة والكمية التى تستخرج كل مرة تبلغ نحو ٢٥ طنا .

الزهر الخام — المعدن المنصهر يسمى عند استخراجه زهرا خاما ، قد يستقبل فى قنوات مطبوعة فى الرمل على فرش منبسط أمام الفرن ومرتفع

قليلا عن سطح الأرض (شكل ١٩) ثم يترك فى هـذه القنوات حتى يبرد من تلقاء نفسه أو بتسليط شؤبوب من المـاء عليه و بعدها يرفع من القنوات فيكون على شكل كتل منشورية قطاعها على شكل (⌂) وطول الواحدة منها نحو ثلاثة أقدام ووزنها نحو قنطار انجليزى أى ١١٢ رطلا انجليزيا . وهـذه الكتل تسـمى " تماسيح الزهر الخام " وتستخدم فى صنع المشغولات التى تعمل من الزهر أو تستخدم فى استخراج الحديد الخام كما سيأتى بعـد . أما إذا كان الزهر الخام مطلوبا لاستخراج صلب بسمر فانه يؤخذ غالبا من الأفران مباشرة وهو سائل و ينقل لمعالجته بطريقة بسمر .



(شكل ١٩ — فرش تماسيح الزهر الخام)

وفى بعض المصانع الانجليزية وكذلك فى أغلب المصانع الأمريكية ذات الإنتاج الكبير تستخدم أجهزة آلية فى صب تماسيح الزهر رغبة فى الوفر وكثرة الإنتاج . وأهم هذه الأجهزة الجهاز المعروف باسم يوهلنج (Uehling) و يتركب من سلسلة لا نهائية على شكل دائرة مرصوص على محيطها وفى اتجاه

أنصاف أقطارها جملة قوالب معدنية. وتدور هذه السلسلة أفقيا وفوقها خلاط يستمد الزهر الخام من الأفران العالية فيسكبه فى القوالب المعدنية أثناء دوران السلسلة . وبعد مرور كل قالب تحت الخلاط وملئه بالزهر الخام يسلط عليه شؤبوب من الماء لتبريده ، وعند وصول القالب لنقطة معينة يسقط منه تمساح الزهر الخام فى حوض من الماء لإتمام تبريده ، ثم تمر هذه التماسيح من حوض الماء على سير لانهائى الى عربات النقل . وهكذا تتكرر العملية باستمرار. والتماسيح الناتجة من هذه العملية تكون نظيفة جدا ، وخالية من الرمل لكن أكبر عيب فيها هو تبريدها الفجائى بالماء لأنه يجعلها ناشفة ولا تصلح كثيرا للاستعمال فى المسابك .

إلى هنا تنتهى عملية صهر الحديد الغفل وتحويله الى زهر خام سواء أكان سائلا أم على شكل تماسيح .

المحاصيل الثانوية للافران العاليـة — المحصول الأساسى للأفران العالية هو الزهر الخام . لكن هناك أشياء أخرى ذات أهمية ثانوية تخرج من هده الأفران ويطلق عليها اسم المحاصيل الثانوية وأهمها مايأتى :

(١) خبث الحديد — وينتج منه نحو طن إلى طن ونصف لكل طن من الزهر الخام . ويستخدم هذا الخبث فى ترليط الطرق وخطوط السكك الحديدية وفى صناعة بعض أنواع الأسمنت . ويخلط أحيانا بجزء من الأسمنت العادى فتصنع منه بعض قوالب البناء وبعض قوالب رصف الطرق والشوارع. ويدخل الخبث أيضا فى صناعة مركب يدعى بالانجليزية (Slag wool) يستخدم كمادة عازلة .

(٢) الغازات — وتتولد بكمية كبيرة جدا أثنـاء عملية صهر الحديد الغفل . وهى خليط من غازات مختلفة ممتزج بعضها ببعض ، منها ما يقبل

الاشتعال كأول أوكسيد الكربون والايدروجين وغاز المستنقعات ، ومنها ما لا يقبل الاشتعال كثانى أوكسيد الكربون والأزوت . وتمر هذه الغازات بعد خروجها من الأفران العالية بأجهزة تكرير خاصة ليستخرج منها النشادر والقطران . والغازات المكررة تستخدم فى توليد البخار بواسطة غلايات (مراجل) ذات أفران خاصة ومواسير لهب طويلة ، أو فى توليد القوى مباشرة بواسطة محركات غاز، أو فى تسخين الهواء اللازم للأفران العالية وغير ذلك . أما القطران فيستخدم أحيانا كما هو ، أو يعالج بالتسخين والتقطير فينتج منه زفت (قار) وزيتان . فالزفت يستخدم فى صناعة قوالب الوقود بمزجه مع تراب الفحم ، أو يستعمل فى رصف الشوارع أو غير ذلك . أما الزيتان فهما زيت ليوسيجن (Lucigen oil) ويستعمل كوقود ثم زيت الكريوزوت (Creosot oil) ويحتوى على حامض الفنيك ويستخدم كمطهر .

الأفران الكهربائية — هى أحدث طراز فى أفران صهر الحديد الغفل وتكريره . وقد نبتت فكرتها فى الممالك التى يرتفع فيها ثمن الوقود لقلته لكن تتوافر فيها مساقط الماء لتوليد الكهرباء ، وبذلك يكون تشغيل الفرن الكهربائى فى هذه الممالك أقل تكاليف من تشغيلها بالفحم . وتختلف هذه الأفران عن الأفران العالية فى استغنائها عن تيار الهواء وفى مقدرتها على توليد درجات حرارة مرتفعة جدا . وهذان السببان يجعلان الفرن الكهربائى أقدر على عمليتى الاختزال والصهر من الفرن العالى ، كما أن القدرة على الاختزال تقلل من كمية الكبريت فى الزهر الخام وتحولها إلى خبث وهذه مزية أخرى . وهذه الأفران صغيرة الحجم وتفتقر إلى قليل من الفحم للمساعدة فى عملية الاختزال . وقد أنشئت فى بادئ الأمر فى بلاد السويد لكن لم ينتشر استعمالها فى صناعة الزهر الخام لدرجة تبرر التبسط فى شرحها ، لذلك نكتفى بما ذكرناه عنها من قبيل العلم بالشيء فقط .

ومع أن الأفران الكهربائيــة لم تنجح بعد بصفة قاطعة فى صناعة الزهر الخام إلا أن هنــاك أنواعا منها قد نجحت نجاحا محسوسا فى صناعة بعض أنواع الصلب حتى انها استخدمت لهذا الغرض فى كثير من المصانع الكبيرة وسنأتى على شرح موجز لها فى الفصل الخاص بذلك .

الفصل السادس

الزهر الخام

الزهر الخام — الحديد المستخرج من الأفران العالية بالطريقة المشروحة تفصيليا فى الفصل الخامس يسمى الزهر الخام ، سواء أكان سائلا أم صلبا على شكل تماسيح . وهو يحتوى على حديد وكربون وسليكون كمركبات أساسية بينما العناصر الأخرى التى توجد فيه ذات أهمية ثانوية .

الزهر — نظرا لكون الزهر الخام يحتوى عادة على كميات غير قليلة من الكربون والسليكون والفوسفور والكبريت وغير ذلك من المواد التى يتشربها أثناء عملية الصهر فى الأفران العالية فهو لايصلح بهذه الحالة للاستعمال مباشرة فى صناعة المسبوكات ، فلجعله صالحا يلزم إعادة صهره فى المسابك بعد خلط نوعين أو أكثر منه بعضها ببعض حسب الطلب . ويعاد صهر الزهر الخام بوضعه إما فى بوادق معرضة لنار قوية ناتجة من احتراق الفحم الكوك وإما فى أفران خاصة (دسوت) [1] فيتخلص من بعض المواد الغريبة الموجودة فيه . ثم تتغير نسب تركيبه وفقا لنوع المشغولات المطلوب لها ، وبعد ذلك يصب فى قوالب على الشكل المطلوب ويطلق عليه حينئذ لفظ " الزهر " فقط تمييزا له من الحديد الخام والصلب . فإسطوانات المحركات والغلاف الخارجى للطلمبات وقواعد الماكينات الخ كلها مصنوعة من الزهر . وقد يضاف للزهر الخام أثناء إعادة صهره جزء من الزهر الخردة القديم إذا كانت المشغولات المطلوبة من الطراز الرخيص الذى لا يستدعى تشكيلا

(١) دسوت جمع دست وهو الاسم الذى تعرف به أفران المسابك فى الورش المصرية .

خاصا على الماكينات أو إذا كان الزهر الخام طريا زيادة عن اللزوم والمشغولات المطلوبة منه ناشفة . فما تقدم أصبح لزاما علينا أن نميز بين لفظتى " الزهر " و " الزهر الخام " وأن نعرف أن الأول ما هو إلا زهر خام محض أو مختلط بزهر خردة أعيد صهره فى المسابك ثم أعطى أشكالا خاصة بصبه فى قوالب .

والزهر على العموم أقل مستخرجات الحديد نقاء وهو ضعيف وهش ولا يمكن سحبه ولا طرقه . كذلك لا يمكن لحامه إلا بالكهرباء أو بطريقة الاوكسجين والاستلين وهو عادة أنشف من الحديد الخام وأقل منه مقاومة للثنى والالتواء.

أنواع الزهر الخام — يختلف الزهر الخام فى مظهره وقوته والأغراض التى يستخدم فيها . وهذا الاختلاف هو نتيجة لاختلاف تركيبه لا سيما فى نسبة الكربون الموجودة به والحالة التى يكون هذا الكربون عليها ، وكذلك فى نسبة الفوسفور لحد ما . فالكربون يكون على حالة من اثنتين : إما متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد ويسمى " الكربون المتحد " وإما منفصلا غير متحد بل موزعا خلال ذرات الحديد على شكل قشور سوداء لماعة مختلفة الأحجام من الجرافيت ويسمى " الكربون الحر " أو " الكربون الجرافيتى " أما الفوسفور فان أغلب الكمية الموجودة منه فى الفرن العالى أثناء عملية الصهر تمتزج بالزهر الخام ، فان كان الزهر الخام مطلوبا لغرض يتحتم فيه أن يكون الفوسفور قليلا فيلزم من مبدأ الأمر اختيار حديد غفل ووقود ومساعد صهر تقل فيها جميعا نسبة الفوسفور . ويختلف الزهر الخام أيضا تبعا لنوع الحديد الغفل المستخرج منه وتبعا للحالة التى يكون عليها الفرن العالى أثناء عملية الصهر ، فان كانت شحنة الفرن قليلة أو كانت درجة حرارتها مرتفعة فان الزهر الخام الناتج يكون طريا ومقطعه رمادى اللون ويحتوى على نسبة كبيرة من السليكون والكربون الجرافيتى . وإذا كانت شحنة الفرن كبيرة ودرجة

حرارتها منخفضة نسبيا فان الزهر الخام النـاتج يكون ناشفا ومقطعه أبيض ويحتوى على نسبة من الكربون والسليكون أقل ممـا فى الزهر الخام الرمادى ويكون أغلب كربونه متحدا .

فما ذكر يرى أن هنـاك أنواعا متعددة من الزهر الخام ، قد تبلغ لدى بعض المصانع ثمانيــة ولدى البعض الآخر تسعة أو عشرة . ولكن جرى العرف التجارى قديما — ولا يزال يجرى للآن فى بعض الممالك — على إدماجها كلها تحت ثلاثة أصناف فقط وهى :

زهر خام رمادى ، زهر خام أرقش (منقط) ، زهر خام أبيض .

وهذه الأسماء مشتقة من منظر مقطع الزهر الخام ولونه عند كسر تماسيحه وهى طازجة .

فالصنف الرمادى يكون أغلب الكربون الداخل فى تركيبــه حرا على شكل قشور سوداء لمـاعة مختلفة الأحجام من الجرافيت ، فيأخذ مقطعه لونا رماديا وتكون حبيباته خشنة . ويختلف الصنف الرمادى عن الصنف الأبيض فى كونه أكثر لدونة (طراوة) وأكثر مقاومة للثنى والالتواء والشد ويحتوى على نسبة أكبر من المـانجنيز والسليكون ونسبة أقل من الكبريت . ولكونه أكثر سيولة عند الانصهار . ويتمدد قليلا عند انتقاله من سائل الى صلب وهو ساخن ، لذلك فهو أصلح لعمل مسبوكات نظيفــة محدودة الأركان ناطقة التفاصيل . فيستخدم غالبـا فى صنع المسبوكات الزخرفية الدقيقة . وهذا الصنف يصلح فى الوقت نفسه للتحويل الى حديد خام وهو يستخدم فعلا بكميات وافرة فى هذا الغرض . وكمية الكربون الحر فى الصنف الرمادى كبيرة نسبيا وكمية الكربون المتحد صـغيرة جدا ، فاذا ما زادت الثانيــة وقلت الأولى يصبح أنشف وأمتن وتصير حبيبات مقطعه أكثر اندماجا .

أما إذا وصلت كمية الكربون المتحد الى ما يقرب من واحد فى المائة فان المعدن — مع احتفاظه بمقاومته للشد — يخرج من دائرة الصنف الرمادى.

وحينما تتعادل تقريبا كميات الكربون المتحد والكربون الحر فيه فإن مقطعه يصبح أرقشا (منقطا) ويسمى حينئذ بالزهر الخام الأرقش . والصنف الأرقش يصلح للسبوكات المتينة كما فى أجزاء الآلات والمحركات .

أما الصنف الأبيض فإن مقطعه فضى اللون وناعم وحبيباته مندمجة جدا وهو أنشف وأكثر هشاشة من باقى الأصناف، ولكنه أكثر مقاومة للضغط وأقل مقاومة للثنى والالتواء والشد . وأغلب كربونه متحد . ويتحول الى مادة عجينية عند انتقاله من صلب الى سائل قبيل درجة الانصهار، وعلى ذلك لا يصلح لعمل المسبوكات . ويكاد يكون استخدامه فى الصناعة مقصورا على تحويله إلى حديد خام .

والجدول الآتى يبين بصفة تقريبية تركيب نماذج من هذه الأصناف الثلاثة :

المادة	رمادى	أرقش (منقط)	أبيض
حديد	٩١٫٢١	٩٤٫١٤	٩٤٫٤٥
كربون متحد	٠٫٢٥	١٫٦٠	٢٫٩٠
كربون جرافيتى	٣٫٣٠	١٫٣٨	٠٫٢٠
سليكون	٢٫٩٢	٠٫٨٠	٠٫٥٠
كبريت	٠٫٠٢	٠٫١٨	٠٫٢٥
فوسفور	١٫٥٠	١٫٤٠	١٫٤٠
مانجنيز	٠٫٨٠	٠٫٥٠	٠٫٣٠
المجموع	١٠٠٫٠٠	١٠٠٫٠٠	١٠٠٫٠٠

ويلزم ألا تؤخذ هذه النسب قياسا لأن الصنف الرمادى تختلف أنواعه من ثلاث الى أربع، والصنف الأبيض تختلف أنواعه من أربع إلى خمس، وبطبيعة الحال تختلف نسب التركيب لكل نوع . والجدول السابق لم يذكر إلا نوعا واحدا من كل صنف كمثال .

وقد كان العرف التجارى فيما مضى يقضى بفصل الأصناف بعضها عن بعض فيجعل الصنف الرمادى محتويا على أربعة أنواع فقط . أما ما خرج لونه عن دائرة الرمادى وضرب الى البياض فيدخل تحت الصنفين المنقط والأبيض . ولكن الحالة تغيرت فى الوقت الحاضر فى الممالك الصناعية لا سيما فى انجلترا وصار يعطى لجميع الأنواع دورة عددية تبعا للونها ، فتعطى نمرة (١) لأغمق الأنواع الرمادية ثم تزداد النمرة تدريجيا كلما ضرب اللون إلى البياض ، حتى إذا ماوصلت النمرة إلى (٨) يصبح اللون أبيض . ثم تأتى بعد ذلك نمرة (٩) وقد اصطلح على تسميتها (الزجاجى) ، كما اصطلح على تسمية نمرة (١٠) (الأبيض الزجاجى) ، وعلى ذلك فكل نمرة من هذه النمر العشر لها تركيبها الخاص .

أما المواد الغريبة الأخرى الداخلة فى تركيب الزهر الخام فأهمها السليكون والكبريت والفوسفور والمانجنيز وتأثيرها على خصائصه تتلخص فيما يأتى :

السليكون — ويكون فى الزهر دائما متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد بنسب تختلف من ٠,٥ فى المائة إلى ٥ فى المائة . ومن خصائصه أنه إن اتحد مع عنصر الحديد بمفرده يكسبه نشوفة لكنه فى الزهر الخام — حيث توجد عناصر أخرى معهما — يكون تأثيره بعكس ذلك تماما أى أنه يجعل الزهر الخام طريا . والسبب فى ذلك أن السليكون يضعف من قابلية الحديد

للاتحاد كيميائيا مع الكربون فيجعل أغلب الكربون حرا على شكل قشور من الجرافيت ، ويترتب على ذلك أن يصبح الزهر الخام طريا . ومن هذا نرى أن السليكون يلعب دورا هاما فى تحديد درجة نشوفة الزهر الخام ، فكلما زادت نسبة السليكون فى الزهر الخام كان هذا الزهر أطرى وأكثر قابلية للصهر والسيولة وأكثر مقاومة للثنى والالتواء . كذلك اذا كان لدينا زهر خام أبيض ناشف فانه يمكننا تحويله الى زهر رمادى طرى لأية درجة مطلوبة بإضافة كميات مناسبة من السليكون عليه . وعلى العموم لا تزيد نسبة السليكون فى الزهر الخام عن ٥ فى المـائة .

وقد أثبتت التجارب التى أجراها الأستاذ (M. Thomas Turner) توماس ترنر بكلية ماسون فى برمنجهام أن صنع الزهر الخام الطرى بهـذه الطريقة أحسن كثيرا من استخراجه مباشرة من الأفران العالية لأنه فى هـذه الحالة يكون أكثر لدونة وأقل عيوبا كما أن حبيبات مقطعه تكون أكثر اندماجا .

الكبريت — ويكون فى الزهر الخام متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد ومن خصائصه أنه يزيد قابلية الحديد للاتحاد مع الكربون فيجعل الزهر الخام ناشفا ، أى أنه يعمل بعكس السليكون تماما . وعلى ذلك أصبح لزاما على السباك أن يوفق بين نسب هاتين المـادتين حتى يصل الى جعل الزهر مناسبا لطبيعة المسبوكات المطلوبة .

ويلزم ألا تزيد نسبة الكبريت فى الزهر الخام الجيد عن ١٥ر٠ فى المـائة لكن يمكن السماح بوجود ٣ر٠ فى المـائة فى الزهر الخام المستخدم فى المسبوكات التى لا تحتاج للخراطة والبرادة كالأعمدة وما شا كلها . كذلك يلزم أن لا تزيد هذه النسبة عن ٠٥ر٠ فى المـائة فى الزهر الخام المطلوب تحويله إلى صلب

لأن الكبريت لايمكن استئصاله عادة أثناء عملية التحويل . فإن زادت النسبة عن ذلك يكون الصلب الناتج هشا على الساخن ، وهـذا عيب كبير فى الصلب .

الفوسفور — ويكون فى الزهر الخام متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد. ومن خصائصه أنه يجعل مقطع الزهر الخام أكثر تبلورا. وإن زادت نسبته عن ١,٥ فى المائة فإنه يضعف من مقاومته للشد ، لكن إن نقصت النسبة عن ٠,٧٥ فى المائة فلا يكون للفوسفور تأثير بالكلية على مقاومة المعدن للشد ، وعلى العموم إن كانت نسبة الفوسفور عادية فلا يكون له تأثير قط على نشوفة الزهر أو طراوته ، لكنه يجعله فقط ينصهر على درجة حرارة منخفضة كما يجعله أكثر ميوعة (سيولة) عند صهره ويجعله أكثر قابلية للكسر . وهذه الصفات تكون أظهر أثرا فى الزهر الخام المحتوى على نسب كبيرة من الفوسفور فتجعله غير صالح إلا للمسبوكات الرخيصة التى لايهم كسرها وكذلك للمسبوكات ذات الشكل الدقيق التى لاتهم فيها المتانة والتى لايمكن سبكها إلا من زهر خام سريع السيولة .

المانجنيز — ويكون فى الزهر الخام متحدا كيميائيا بنسب لا تزيد عن ٢,٥ فى المائة ويساعد بمفرده على جعل الزهر الخام أبيض ناشفا وهشا . لكن نظرا لوجود الكبريت فى الزهر الخام وشراهة المانجنيز للكبريت فإن جزءا كبيرا من المانجنيز يتحد مع الكبريت وتكون نتيجة هذا الاتحاد تطرية الزهر الخام أكثر من تنشيفه إذا كانت نسبة المانجنيز الموجودة فى الزهر الخام أقل من واحد فى المائة . وهذه ظاهرة غريبة لأن كلا من المانجنيز والكبريت يساعد على تنشيف الزهر الخام إن وجد بمفرده لكن وجودهما معا يؤدى الى عكس ذلك . وقد جرت العادة فى المسابك بتحويل الزهر الخام

الناشف المحتوى على نسـبة كبيرة من الكبريت الى زهر خام طرى بإضافة كمية من المـانجنيز عليه .

ويوجد أحيانا فى الزهر الخام زيادة عما سبق نسب صغيرة من التيتانيوم[١] والنحاس والقصدير . لكن أثر هذه المواد على خصائص الزهر الخام يكاد لا يذكر ما عدا فى الحالات التى لاتزيد فيها نسبة النحاس عن ٠,٢ فى المـائة فإنها تقلل من جودته فى أعمال السباكة وفى التحويل إلى صلب .

---

(١) يستخرج هذا العنصر بكثرة من رمال الصحراء فى البلاد المصرية .

الفصل السابع

الحديد الخام

الحديد الخـام — (Wrought iron) جرى العرف الصناعى والتجارى فى البلاد المصرية على تسمية هـذا النوع من مستخرجات الحـديد الغفل (بالحديد الخام) تمييزا له عن الزهر والصلب بأنواعهما . وقد جرت بعض الكتب العلمية المصرية على إطلاق اسم " الحديد المطروق " عليـه نظرا لقابليته للطرق دون أن ينكسر أو يتفتت خلافا للزهر وبعض أنواع الصلب الناشف. أما فى انجلترا فقد اصطلحوا على تسميته (Wrought iron) ومعناها الحرفى "الحديد المشغول" وكذلك (Malleable iron) ومعناها الحرفى "الحديد القـابل للطرق" وذلك لأنه يمكن طرقه وتشكيله الى أى شكل يراد . ويسمونه أحيانا (Bar iron) ومعناها الحرفى "حديد السيقان" وذلك لظهوره فى السوق بهذا الشكل غالبا . والاسم الأول وهو (Wrought iron) أشهرها وأعمها لكن بما أن بعض أنواع الصلب الطرى تشاطره الصفات التى اشتقت منها هذه الأسماء كالقابلية للطرق والتشكيل الخ لذلك نرى أن تسمية "الحديد الخام" أوفق وأبعد عن اللبس والإبهام ، ولهذا آثرنا إطلاق هذا الاسم عليه لا سيما أنه يماشى العرف الدارج فى الورش والأسواق المصرية .

والحديد الخام هو النوع الوحيد من مستخرجات الحديد الغفل الذى كان معروفا من قبل لدى القدماء وكان يستخدم لديهم على الأخص فى الأعمال الزخرفية . أما الزهر والصلب فانهما حديثا العهد نسبيا .

تعريف الحديد الخام — يعرف الحديد الخام عادة بأنه أحد مستخرجات الحديد الغفل الذى يحتوى على أكبر نسبة من عنصر الحديد وأقل نسبة من الكربون والمواد الغريبة الأخرى اذا قورن بغيره من هذه المستخرجات فنسبة الحديد فيه قد تصل الى ٩٩,٥ فى المائة ، ونسبة الكربون قد تقل فيه الى ٠,٠٤ فى المائة ، وقلما تزيد عن ٠,٢٥ فى المائة ، كما أن نسب السليكون والفوسفور والكبريت والمانجنيز تكون فيه قليلة جدا . لكن هذا التعريف وإن كان يمثل الحقيقة الواقعة الا أنه ليس صحيحا من الوجهة الكيميائية . اذ يمكن صنع صلب طرى يماثل الحديد الخام فى قلة احتوائه على الكربون والمواد الغريبة الأخرى ، ولو أن مثل هذا الصلب لا يصنع عادة . وقد رأى بعض الباحثين أن أحسن ما يميز به الحديد الخام عن الصلب الطرى هو أن الأول يحتوى دواما على ذرات من الأوكسيد والخبث ممتزجة بمادته ، ولا يستخرج بطريقة الصهر ثم الصب كالصلب الطرى ، بل يستخرج على شكل كتل عجينية يلحم بعضها ببعض بواسطة الضغط .

خصائص الحديد الخام — يختلف لون الحديد الخام تبعا لطرائق معالجته أثناء صنعه من حيث الطرق والامرار بالآلات الجلخ وغير ذلك، فتارة يكون أزرق قاتما وطورا يكون رماديا ضاربا للسواد. ومنظر مقطعه عقب عمليات الطرق والامرار بآلات الجلخ يختلف تبعا لنوعه ، فان كان طريا يكون مقطعه ذا ألياف ، وإن كان ناشفا يكون مقطعه محببا (متبلورا) . أما اذا كان من الأنواع الجيدة جدا فان منظر مقطعه يكون حريريا ذا الياف، لكنه يصبح محببا اذا تعرض لطرقات متكررة أو اهتزازات مستمرة . وعلى العموم فمقطع الحديد الخام لا يدل على نوعه ، لأن هذا المقطع يتغير منظره تبعا لطريقة قطعه . فان تم القطع بطرقة واحدة قوية يكون منظر المقطع

حريريا ، وان تم القطع بتسليط قوة عليه تزداد تدريجيا يكون منظر المقطع ذا ألياف .

والحديد الخام من أكثر المعادن قابلية للطرق والسحب ، وقد أمكن طرقه الى ألواح رقيقة سمكها نحو $\frac{١}{٧٧٠}$ من البوصة ، كذلك أمكن طرقه الى ألواح أرق كثيرا سمكها نحو $\frac{١}{١٥٥٠٠}$ من البوصة حسب رواية بعض المصادر . وهو معدن لدن (طرى) يلى الحديد النقى مباشرة فى لدونته ، سهل اللحام . ويقاوم الشد والالتواء جيدا ، ويصهر بصعوبة ، ودرجة صهره تختلف من ١٦٠٠° — ٢١٠٠° مئوية تبعا لكمية الكربون والمواد الغريبة الداخلة فى تركيبه ، ويتحول الى حالة عجينية قبل وصوله الى درجة الصهر ، وهذا مما يساعد على سهولة لحامه . ويمكن طرقه بسهولة وإعطاؤه أى شكل يراد عند تسخينه الى درجة الاحمرار . ولا يصدأ مهما طال تعرضه للهواء الجاف أو الأوكسجين فى درجات الحرارة العادية لكنه يصدأ بسهولة إذا كان الهواء محتويا على بخار الماء وكذلك يصدأ بسرعة اذا عرض للهواء وهو ساخن لدرجة الاحمرار ، وعندئذ تتكون على سطحه قشرة من أوكسيد الحديد تنفصل عنه عند طرقه . واذا سخن الحديد الخام للدرجة البيضاء يحترق ويتطاير الشرر من سطحه ويصبح غير قابل للحام . وطرق الحديد الخام باستمرار وهو بارد يكسبه نشوفة وهشاشة ، ويجعل مقطعه محببا . وهو كثير الشبه بالصلب الطرى فى خصائصه واستعماله وفى قابليته للتغليف السطحى وعدم قابليته للتقسية وذلك بعكس الصلب الناشف الذى يمتاز بهذه الخاصية .

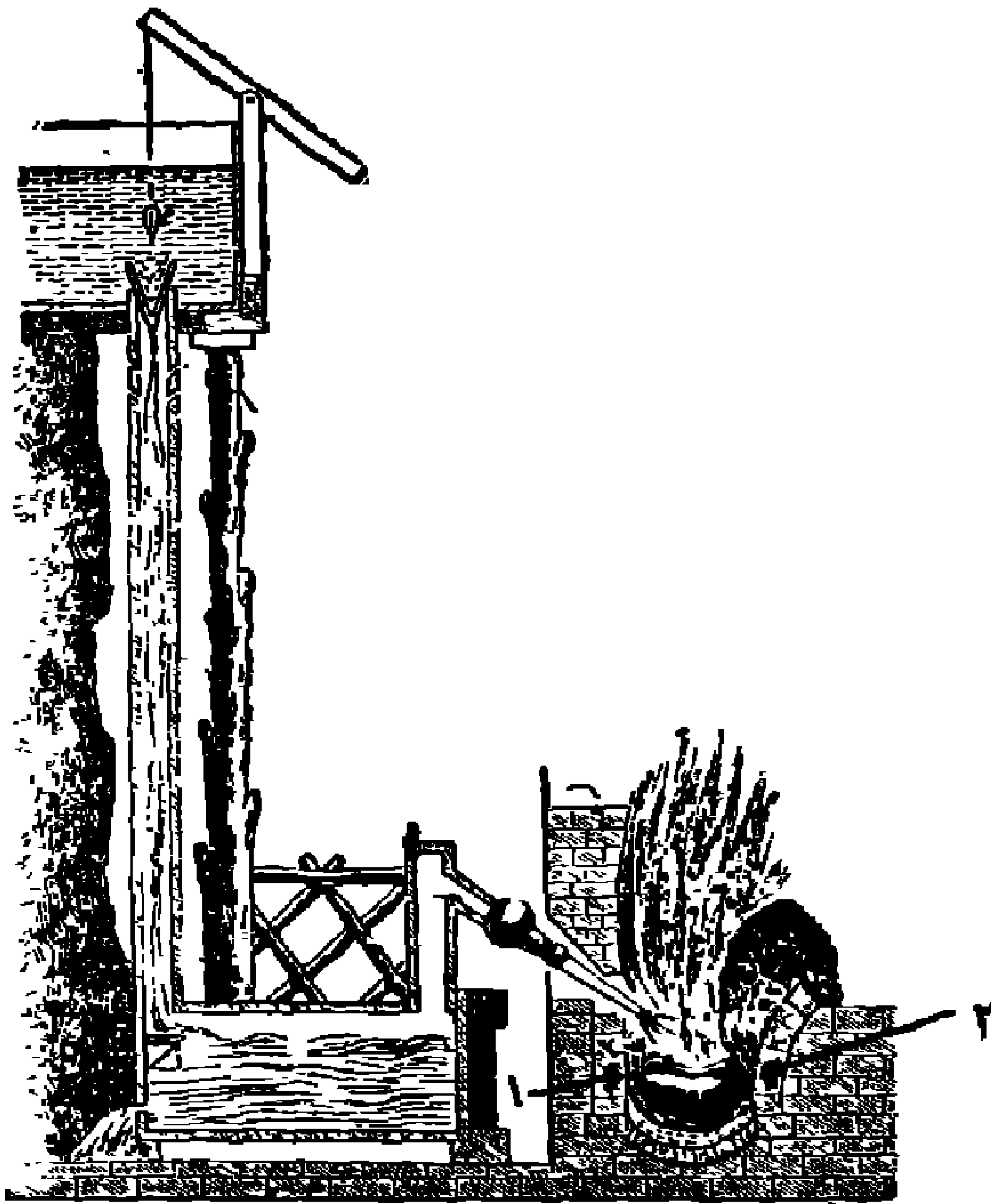
استخراج الحديد الخام — يستخرج الحديد الخام إما من الحديد الغفل مباشرة وإما من الزهر الخام .

واستخراجه من الحديد الغفل مباشرة يكون بصهره فى أفران من طراز " كاتلان " أو من طراز الفرن الأمريكية . وسبق لنا أن ذكرنا فى نهاية الفصل الرابع أن هذه الأفران تقوم على أبسط القواعد الفطرية الساذجة ، وأن قيمتها قليلة من وجهة الإنتاج الاقتصادى . لكن نظرا لما لها من القيمة التاريخية ولكونها تمثل الخاطرة الأولى التى خطرت للأقدمين عن صناعة الحديد الخام وأيضا لكونها لا تزال تستخدم الى وقتنا هذا فى بعض جهات العالم . فاننا لا نرى بأسا من أن نأتى بوصف موجز لها لعلنا نستلهم منها فكرة صالحة تساعدنا اذا ما اعتزمنا يوما ما صناعة الحديد الخام مباشرة من الحديد الغفل الذى دلت المباحث الأخيرة على وجوده بكميات غير قليلة فى البلاد المصرية .

فرن كاتلان — لا يستخدم فيه عادة من الحديد الغفل إلا ما كان سهل الانصهار وغنيا بعنصر الحديد . كذلك لا يستعمل فيه من الوقود إلا فحم الخشب لتوافره ورخص ثمنه فى الأصقاع التى يستخدم فيها هذا الفرن . ويستهلك هذا الفرن كمية كبيرة من الوقود اذا قورن بغيره من أفران الحديد الخام الحديثة الطراز . كما أنه يتطلب مجهودا صناعيا شاقا وأيد عاملة كثيرة بالنسبة لانتاجه . هذا فضلا عن كمية الحديد الكبيرة التى تضيع فيه هدرا أثناء عملية التحويل .

وشكل (٢٠) يبين قطاعا رأسيا لهذا الفرن ويتكون من موقد على شكل صندوق مقعر ارتفاعه نحو ٣ أقدام وطول ضلع فوهته نحو ٢,٥ قدم . ويضيق الموقد تدريجيا إلى أسفل حتى يصبح ضلع قاعه نحو ٢" — ٢

وجسم الفرن مبنى بالطوب الحرارى وقاع الموقد بالطوب الرملى أو الحجر الحرارى أما الجداران (١) ، (٢) فبنيان بكتل ثقيلة من الحديد والجدار (٢) مقوس ، ويوجد بظهر الموقد فتحة الودنة وهى مخروطية الشكل ومصنوعة من ألواح من النحاس تثبت مائلة على زاوية تختلف من ٣٠° الى ٤٠° مع قاع الموقد ، وينفذ منها بورى الهواء . ويتولد تيار الهواء من منفاخ مائى مبين تفصيليا فى الشكل ، ولهذا السبب يكون الهواء مثقلا ببخار الماء فتترك فى جدران البناء فتحات تسمح بخروج الرطوبة وقت اشتغال الفرن .



(شكل ٢٠ — فرن كاتلان ومنفاخه المائى)

واليك طريقة تشغيل ذلك الفرن :

ينظف الموقد أولا من بقايا الشحنة السابقة وحيث يكون قاعه مرتفع الحرارة لدرجة الاحمرار فينثر عليه فحم الخشب متقدا . وعند ما يبدأ هذا الفحم فى التوهج تقذف فوقه كمية أخرى من فحم الخشب حتى تصل إلى مستوى الودنة ، ثم يوضع فوق ذلك لوح من الحديد بحيث يقسم الموقد رأسيا إلى قسمين : فالقسم المتاخم للودنة يملأ بفحم الخشب والقسم الثانى المتاخم للجدار المقوس (٢) يملأ بالحديد الغفل المكلس المكسر مبدئيا إلى قطع صغيرة لا تزيد فى حجمها عن البيضة . ثم يرفع اللوح فيتراكم الحديد الغفل على الجدار المقوس

وعندئذ يغطى سطحه بقطع صغيرة من الحديد الغفل وفحم الخشب المبتل . وفى الوقت نفسه يملأ الفراغ الكائن بين الحديد الغفل والودنة بقطع كبيرة من فحم الخشب ، ثم يسلط عليه تيار بطىء من الهواء ، فاذا ما ارتفعت درجة الحرارة تبدأ عملية اختزال المعدن ، فتهبط الشحنة نحو قاع الموقد ، ثم يملأ الفراغ الناتج عن ذلك بفحم الخشب . و بما أن المعدن يكون حينئذ فى حالة عجينية اسفنجية فانه يهبط إلى قاع الموقد و يتجمع فيه و يهبط الخبث فوقه . وأثناء هبوطهما يكون العمال دائبين على تحريكهما وتوجيههما ناحية بورى الهواء حيث تشتد سخونتهما . و يحسن فصل الخبث عندئذ عن الحديد . فاذا ما انقضى نحو خمس ساعات من بدء العملية يكون المعدن المتجمع فوق قاع الموقد كافيا لأن تستخرج منه كتلة حديدية . فيسحب من الموقد و يكبس تحت مطرقة قوية فينطرد منه الخبث والمواد الأخرى وتلتحم أجزاؤه وتتكون منه كتلة واحدة متماسكة .

والشحنة المركبة من أحد عشر قنطارا من فحم الخشب ومن نحو عشرة قناطير من الحديد الغفل المحتوى على ٤٥ إلى ٤٨ فى المائة من عنصر الحديد تستغرق نحو ست ساعات كاملة من بدء وضعها فى الفرن إلى أن تتحول إلى حديد خام على شكل سيقان . وهذا الزمن يشمل عملية التحويل فى الفرن وإخراج المعدن منه ثم كبسه وتقطيعه و إعادة تسخينه وطرقه ثم سحبه إلى سيقان .

و يستخرج الحديد الخام من الزهر الخام باختزال كمية الكربون والمواد الغريبة الأخرى الداخلة فى تركيب الأخير ، وذلك بأكسدة جزء كبير

من هـذه المواد . ويظهر أثر هذا الاختزال بوضوح تام من الجدول الآتى المبين به تركيب نوع من الزهر الخام ونوع من الحديد الخام المتوسط الجودة المستخرج منه :

التركيب	الزهر الخام	الحديد الخام
حديد	٩١٫٤٢	٩٦٫٨٥
كربون جرافيتى	٣٫٢٠	—
كربون متحد...	٠٫٥٠	٠٫٠٤
سليكون	٢٫٦٠	٠٫٢٥
كبريت	٠٫٠٨	٠٫٠٣
فوسفور...	١٫٦٠	٠٫١٦
مانجنيز	٠٫٦٠	٠٫٠١
خبث	—	٢٫٦٦
المجموع	١٠٠٫٠٠	١٠٠٫٠٠

وهناك طريقتان لاستخراج الحديد الخام من الزهر الخام وهما :

(الأولى) طريقة التكرير — يتم الاختزال فيهـا بفعل الهواء . وتتلخص هـذه الطريقة فى وضع الزهر الخام فى فرن يسمى فرن التكرير ، ويسخن حتى ينصهر ، ثم يسلط عليه تيار قوى من الهواء بواسـطة بوارى تنفذ من ودنات ، فيتحد أوكسجين الهواء مع الكربون والفوسفور وغيرها من المواد الغريبة فيؤكسدها ، ويترك الحـديد نقيا تقريبا . لكن هذه الطريقة أصبحت قليلة الاستعمال فى الوقت الحـاضر نظرا لكمية الحديد التى تضيع هدرا خلالها .

(الثانية) طريقة التقليب — وهى الأهم ، ويستخرج بواسطتها كل الحديد الخام المستخدم فى الصناعة تقريبا . وسميت كذلك لأن المعدن يقلب فيها أثناء تحويله . والأفران المستخدمة فى هذه الطريقة تعرف باسم أفران التقليب[1] وهى أفران من الطراز العاكس . فيها يضرب لسان اللهب الصاعد من الوقود فى سقف الفرن المقبى المنخفض ، فينعكس على الزهر الخام المطلوب تحويله ويرفع درجة حرارته فيساعد على اختزال الكربون وبقية المواد الغريبة منه ، ولهذا السبب سميت أفرانا عاكسة . وبعد ذلك تنصرف الغازات المحترقة من مدخنة الفرن .

وطريقة التقليب إما أن تكون رطبة وإما جافة : ففى الطريقة الرطبة يتم أغلب الاختزال بفعل أوكسيد الحديد أو بعض المواد المحتوية عليه . ويمكن فى هذه الطريقة استعمال الزهر الخام الأبيض أو الزهر الخام الرمادى الذى تكثر فيه المواد الغريبة من كربون وسليكون وخلافهما . أما فى الطريقة الجافة فالاختزال يتم أغلبه بتأثير الهواء المار فى الفرن ، ولا يستعمل فى هذه الطريقة إلا الزهر الخام الأبيض المكرر الذى تقل فيه نسبة المواد الغريبة .

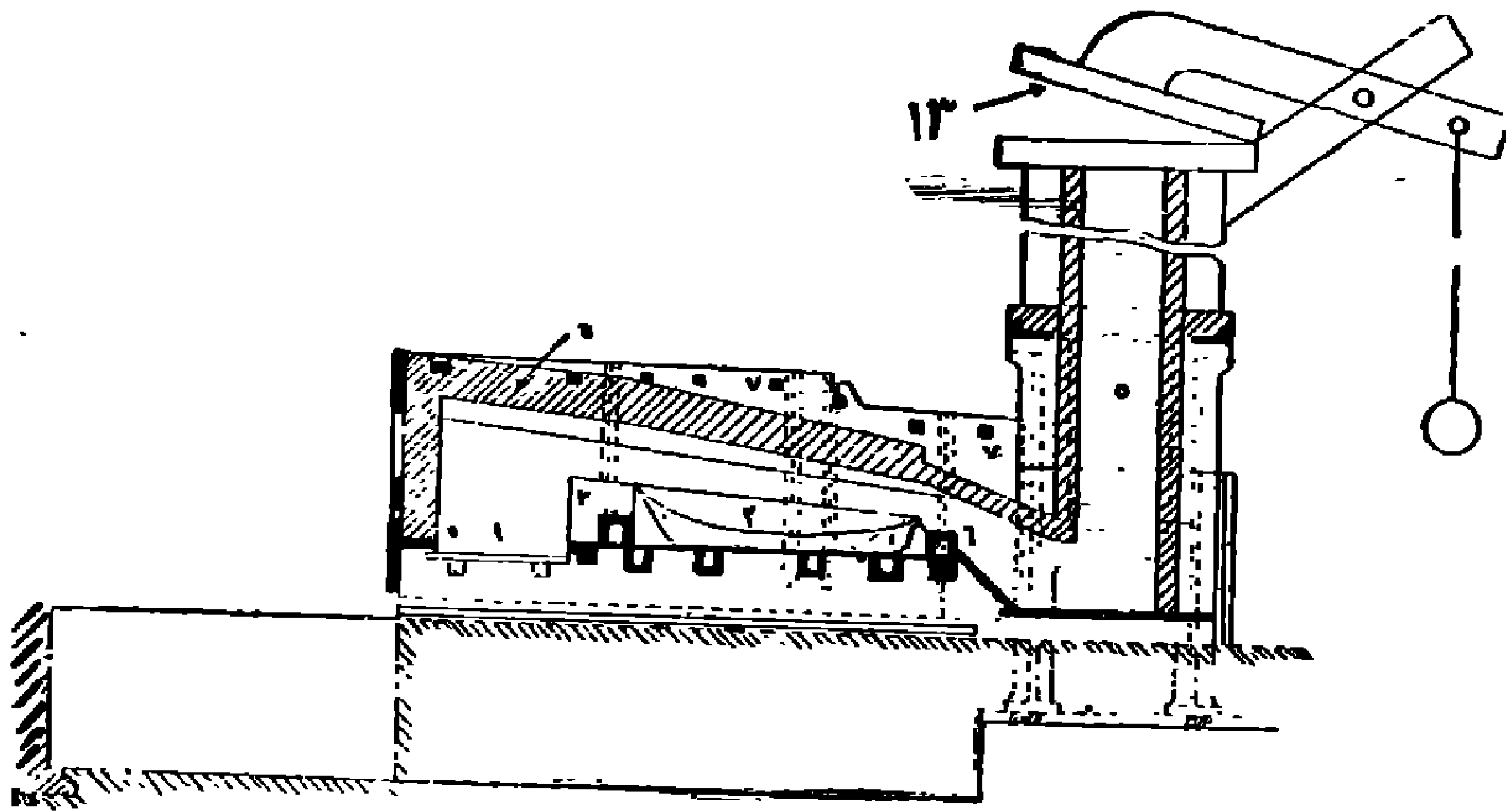
طريقة التقليب الرطبة — وأبرز ظاهرة فيها هى اختزال الكربون والمواد الغريبة الأخرى من الزهر الخام بفعل أوكسيد الحديد أو بعض المواد المحتوية

---

(١) اخترع هذا الفرن من يدعى كورت عام ١٧٨٤ وكان يبطنها بالرمل ويستعمل فيها الزهر الخام الأبيض الذى لم يكن ينصهر قط بل كان يتحول الى مادة عجينية ومن هنا اشتق اسم الطريقة الجافة التى سيرد ذكرها بعد . لكن تطور شكل الفرن بعد ذلك واستحدثت منه أنواع تبطن بأوكسيد الحديد أو بعض المواد المحتوية عليه وصار يستعمل فيها الزهر الخام الرمادى الذى ينصهر بسهولة ويغلى أثناء انصهاره ومن هنا اشتق اسم الطريقة الرطبة .

عليه مثل الهماتيت أو قشور الحديد[1] أو بعض أنواع الخبث[2] . وهذه المواد يوضع بعضها مع شحنة الزهر الخام فى فرن التقليب والبعض الآخر يبطن به المرقد .

وفرن التقليب المستخدم فى هذه الطريقة ذو طرازات متعددة تختلف بعضها عن بعض فى الحجم والتفاصيل لكنها تتشابه فى الأجزاء الرئيسية . والأشكال من (٢١) إلى (٢٥) تبين فرن تقليب من الطراز المستخدم فى مقاطعة



(شكل ٢١ — فرن التقليب ، قطاع رأسى)

(Staffordshire) بانجلترا . وتتركب من مرقد للمعدن (٢) توضع فيه الشحنة المكونة من الزهر الخام والمواد المؤكسدة ثم من بيت النار (١) ذى مصبعات (باظات) يوضع عليها الوقود (الفحم الحجرى العادى) ويفصل

---

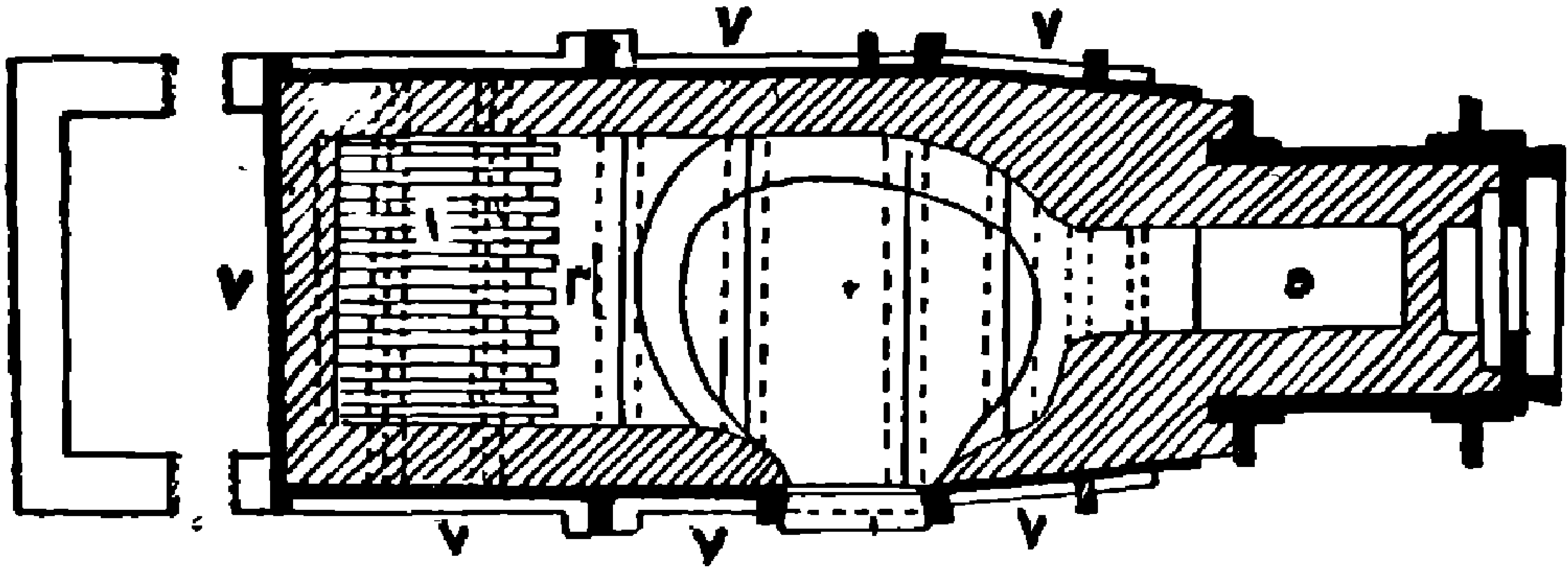
(١) القشور التى تتساقط من الحديد الخام أو الصلب أثناء طرقهما وهما ساخنان وكذلك القشور التى تتخلف منها أثناء إمرارها بآلات الجلخ تسمى قشور الحديد وهى عبارة عن أول أوكسيد الحديد .

(٢) أهمها نوعان الأول يعرف باسم (Best Tap) ويستخرج من أفران إعادة التسخين والثانى يعرف باسم (Bull Dog) ويستخرج من أفران التقليب .

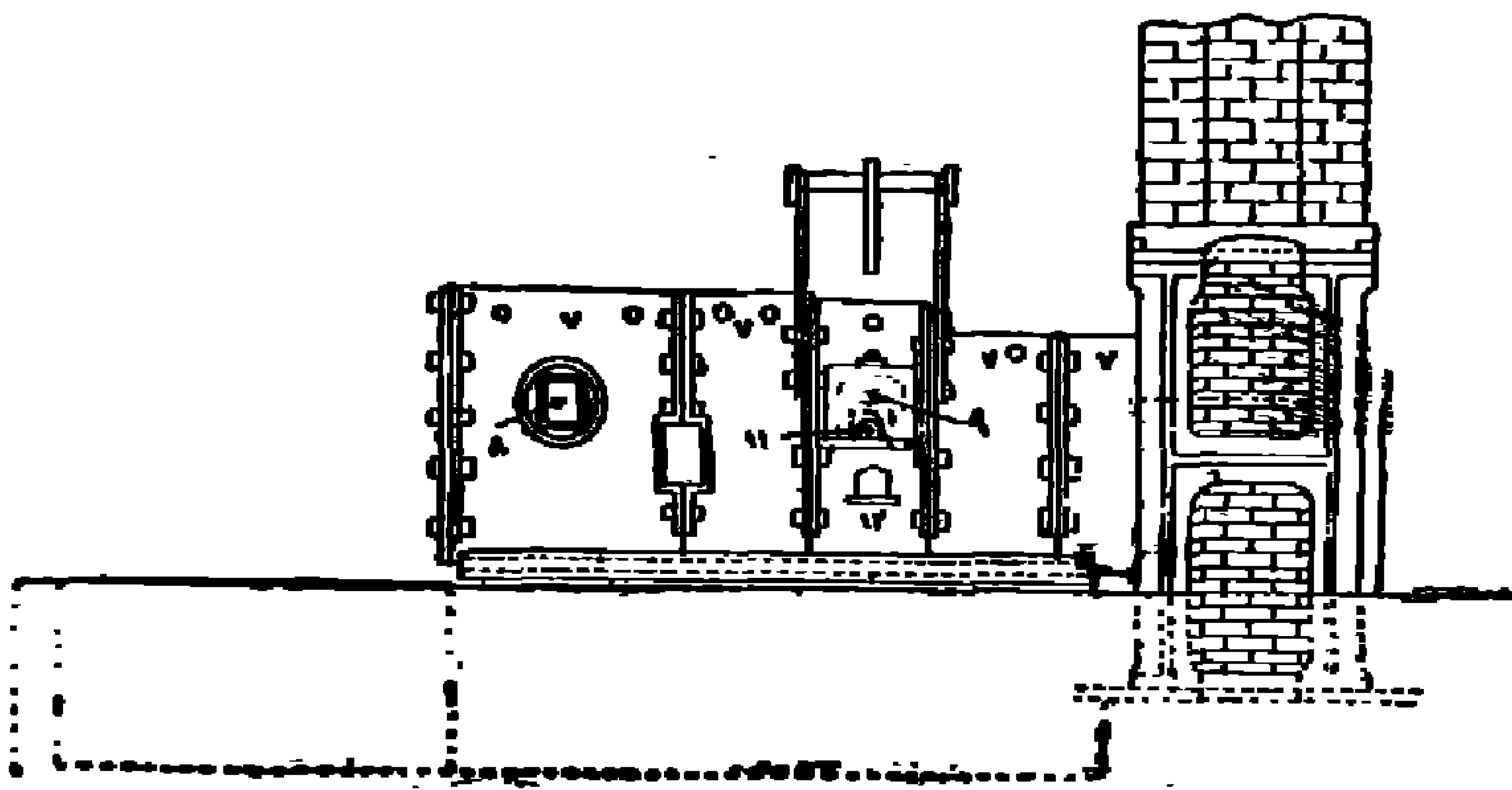
بيت النار عن الموقد حاجز قصير (٣) يسمى كوبرى النار (الشروقة) يمنع اختلاط الشحنة بالوقود ، وهناك حاجز قصير يسمى كوبرى الغازات (٦) يفصل المرقد عن المدخنة ويعلو الفرن سقف [1] منخفض (٤) مستقيم فى اتجاه طوله (انظر شكل ٢١) ومقبى قليلا فى اتجاه عرضه شكل (٢٤) وتبنى المدخنة (٥) بالطوب الأحمر العادى وتبطن بالطوب الحرارى وتقوى بزوايا وشدادات من الحديد، ويختلف ارتفاعها من ٣٠ إلى ٥٠ قدما للفرن المفرد . ويعلوها باب أفقى متصل برافعة وسلسلة يفتح ويقفل عند اللزوم لتنظيم كمية الهواء أثناء عملية التحويل . ويسمى باب الهواء (١٣) . وتغلف الجدران الخارجية للفرن بألواح سميكة من الزهر (٧) مربوطة بعضها ببعض بواسطة مسامير وشدادات ، ويبلغ طول المرقد نحو ٦ أقدام وعرضه ٣,٧٥ قدما بجوار كوبرى النار ، ونحو ٢,٧٥ بجوار كوبرى الغازات ، ويصنع قاع المرقد من ألواح سميكة من الزهر ترتكز على أعمدة قصيرة وحوامل تسمح بمرور الهواء بينها . كذلك تسبك جوانبه من الزهر جوفاء ليمكن تبريدها بمرور الهواء خلالها ، وتغطى هذه الجوانب من أعلى بالطوب الحرارى بطريقة تسمح بتركيب البطانة عليها جيدا دون أن تتقلقل أو تنزلق . أما فتحة باب النار (٨) ومنها تغذى الفرن بالوقود فانها تقفل عادة بعد إدخاله وإشعاله وتسد بوضع بعض قطع كبيرة من الفحم تحشى بقطع صغيرة منه . وباب الفرن (٩) يسمى باب التشغيل يقع أيضا فى واجهة الفرن على ارتفاع نحو عشرة بوصات من فرش

---

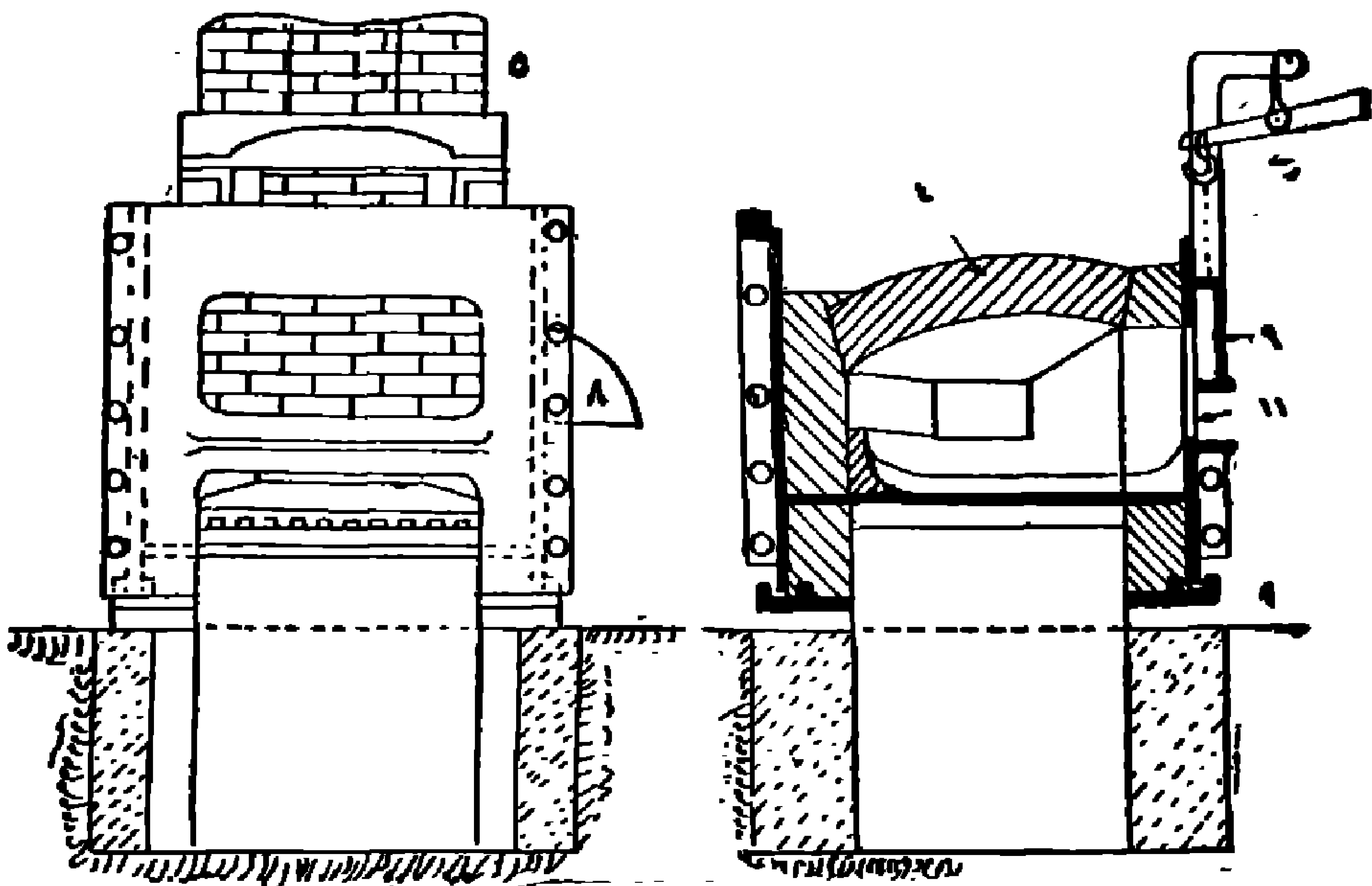
(١) فرن التقليب إما أن يكون مفردا صغير الحجم وفى هذه الحالة يقل ارتفاع سقفه تدريجيا فينحدر ناحية المدخنة (شكل ٢١) وإما أن يكون كبيرا مزدوجا وفى هذه الحالة يتركب من فرنين متحدين من الخلف ولها واجهتان متضادتان ولكل منهما باب مستقل . والفرن المزدوج يعادل فرنين مفردين لكنه أوفر منهما فى العمل ويحتاج إلى عاملين .



(شكل ٢٢ — فرن التقليب ، قطاع أفق)



(شكل ٢٣ — فرن التقليب ، مسقط رأسى)



(شكل ٢٤ — فرن التقليب ، قطاع جانبي)

(شكل ٢٥ — فرن التقليب ، مسقط جانبي)

المرقد ويقفل بأطار من الحديد داخله لوحة من الطوب أو الحجر الحرارى ، ومعلق بسلسلة متصلة بطرف رافعة ، والطرف الآخر للرافعة به ثقل موازنة وسلسلة يمكن بواسطتها رفع الباب وخفضه لوضع الشحنة أو إخراج المعدن. والباب المذكور لا يستخدم لأى غرض آخر غير ذلك لكن يوجد به ثقب (١١) تمر منه الأسياخ التى تقلب بها الشحنة أثناء عملية التحويل . ويوجد أسفل باب التشغيل ثقب للخبث (١٢) شكل (٢٣) ويكون مقفلا بسدادة من الطين أثناء اشتغال الفرن . ويستخرج الخبث منه عند اللزوم بعد فتح السدادة. لكن نظرا لكون بعض الخبث يطفو على سطح المعدن المضطرب أثناء التشغيل فانه يفيض فوق كوبرى الغازات وينحدر إلى قاع المدخنة حيث يتجمع هناك ويزال .

وقبل تشغيل الفرن يلزم أن يعد للعمل وذلك بأن يبطن فرش المرقد بطبقة سمكها ٣ بوصات تقريبا من المواد المؤكسدة ، ويجعل شكل البطانة مقعرا بحيث تكسو قاع الفرش وجوانبه ، ثم يوقد فحم الوقود حتى يسخن الفرن فتلين المواد المؤكسدة نوعا ما وتتماسك ، وعندها توضع فوق الفرش طبقة أخرى سمكها نحو بوصتين من نوع آخر من المواد المؤكسدة يتفق ونوع الزهر الخام المطلوب تحويله وكذلك نوع الحديد الخام المطلوب استخراجه منه ، ثم يؤتى بقطع من الحديد الخردة وتوضع فوق الفرش ، وتترك حتى ترتفع حرارتها إلى درجة اللحام فتتأكسد ثم تقلب على الفرش حتى تؤكسد بطانته . فاذا ماتم ذلك يؤتى بالزهر الخام مخلوطا بكمية من قشور الحديد ويقذف فوق الفرش ، وعندئذ يكون فرن التقليب قد تم إعداده وشحنه .

والأدوار التى تمر بها الشحنة بعد ذلك أربعة وهى :

(الأول) دور الانصهار — وفيه يكون باب الهواء (الموجود أعلى المدخنة) مفتوحا على آخره . وفى خلال هذا الدور يتأكسد أغلب السليكون والمانجنيز والفوسفور والكبريت ويتحد مع جزء من البطانة المنصهرة (١) فيتكوّن نوع من الخبث . وإن كان الزهر الخام المستعمل رماديا فإنه يفتقر الى درجة حرارة مرتفعة لكنه يتحوّل دفعة واحدة الى سائل . أما إذا كان الزهر الخام أبيض فانه يحتاج الى درجة حرارة أقل من الرمادى لكنه يتحوّل الى عجينة قبل أن ينصهر .

(الثانى) دور الغليان — وفى أوله يقفل باب الهواء قليلا حتى تنخفض درجة حرارة الفرن نسبيا ، ويقلب المعدن حتى يختلط اختلاطا تاما بأوكسيد الحديد ، فيتأكسد أغلب الكربون وبعض السليكون الذى قد يكون باقيا فيه وينتج عن هذا التأكسد ارتفاع درجة حرارة الفرن مرة أخرى فيضطرب سطح المعدن المنصهر ويخرج منه أول أوكسيد الكربون على شكل فقاقيع فيعطى ظاهرة شبيهة بالغليان ، ومنها أشتق هذا الدور اسمه . وفى خلال هذا الدور يكون العامل المنوط به ملاحظة الفرن مداوما على تقليب المعدن بشدّة بواسطة سيخ حديدى يمر من الثقب الواقع فى باب الفرن ، حتى يضمن اختلاط المعدن بالمواد المؤكسدة (٢) . فاذا ما خف الغليان فإن المعدن

(١) نظرا لتفاعل البطانة مع المواد الغريبة فى الزهر الخام فانها تنقص تدريجيا ويلزم تجديدها من وقت لآخر .

(٢) التقليب بهذه الكيفية شاق جدا ويجعل محصول الفرن قليلا لذلك اخترعت فى السنين الاخيرة طرائق متعددة للتقليب الميكانيكى مثل طريقة (دانك) وطريقة (برنوت) وغيرهما سهلت العملية وأكثرت المحصول وفى هذه الطرائق يدور المرقد إما فى مستو رأسى وأما فى مستو أفقى وأما فى مستو مائل بين هذا وذاك ، ويتم الدوران بفعل قوة ميكانيكية فينتج عن ذلك تقليب المعدن أوتوماتيكيا .

يأخذ فى الهدوء من اضطرابه وفى التحول الى حالة عجينية. ويكون الكربون قد أصبحت نسبته أقل من واحد فى المـائة . وقد جرت العـادة فى بعض المناطق التى يصنع فيها الحـديد الخام على إزالة الخبث الناتج عن التأكسد فى نهاية هذا الدور .

(الثالث) دور التطهير — وفيـه يتأكسد أكثر الكربون والمـانجنيز والفوسفور والكبريت الباقية من المعدن .

(الرابع) دور التكرير — وفيه تنخفض درجة حرارة الفرن كثيرا، ويقسم المعدن (وهو شبيه بعجينة اسـفنجية كثيرة المسام) إلى نحو ستة أقسـام تكور على شكل كرات ، وزن الواحدة منها نحو ١٠٠ رطل انجليزى ، وذلك بتقليب كل قسم على فرش المرقد المقعر مع مراعاة أن يكون التقليب بالقرب من كوبرى النار حتى ترتفع حرارة الكرات إلى ما يقرب من درجة اللحام .

هذه هى الأدوار الأربعة التى تجرى فى فرن التقليب فإذا ما انتهى الدور الرابع أخرج المعدن من الفرن على شكل كرات بعـد أن يكون قد استحال حديدا خاما . ويلاحظ أن باب الهواء يفتح ويقفل عدة مرات خلال كل دور من الأدوار الأربعة لتنظيم كمية الهواء الداخلة للفرن وتنظيم درجة حرارته .

وتستغرق هذه الأدوار نحو ساعة ونصف مقسمة كما يأتى :

من ٣٠ إلى ٣٥ دقيقة لدور الانصهار . ومن ١٠ إلى ١٥ دقيقة لدور الغليان . ومن ١٠ إلى ٢٠ دقيقة لدور التطهير . ومن ٢٠ إلى ٣٠ دقيقـة لدور التكوير . لكن هذا الوقت قد ينقص أو يزيد تبعا لنقاء الزهر الخـام المستعمل وقد يصل أحيانا إلى ساعتين ونصف .

طريقة التقليب الجافة — وتختلف عن الطريقة الرطبة فى كون اغلب الاختزال يتم فيها بفعل أوكسجين الهواء المـار بالفرن ، وعلى ذلك لا تخلط الشحنة بمواد مؤكسدة كما فى الطريقة الرطبة . وتختلف أيضا فى كون الزهر الخام المستخدم فيها يلزم أن يكون أبيض مكررا محتويا على نسب قليلة من الكربون والسليكون والمواد الغريبة الأخرى . والسبب فى ذلك أن الهواء لايكون ذا أثر فعال فى الاختزال إلا إذا كان المعدن المطلوب تحويله يستحيل إلى عجينة قبيل انصهاره فيتمكن الهواء من أكسدته وهو فى الحالة العجينية ، والزهر الخام الأبيض هو الوحيد الذى تتوافر فيه هـذه الخاصية دون سائر أنواع الزهر الخام لذلك وجب استخدامه فى هذه الطريقة .

لكن الزهر الخام الأبيض إذا استخدم بعد استخراجه مباشرة من الأفران العالية يكون محتويا على نسب غير قليلة من الكبريت لذلك يحسن تكريره أولا قبل وضعه فى أفران التقليب .

وتتلخص عملية التكرير فى وضع الزهر الخـام الأبيض فى أفران خاصة بالتكرير وشبيهة بما سبق شرحه فى طريقـة التكرير فيختزل أغلب السليكون والفوسفور والكبريت الموجود به ، ويستحيل إلى زهر خام أبيض مكرر قابل للتحويل بسهولة إلى حديد خام فى أفران التقليب نظرا لنقائه وقلة ميوعته (سيولته) . والمعدن المكرر الناتج بهذه الكيفية يمكن نقله مباشرة من أفران التكرير إلى أفران التقليب ، لكن ذلك غير متبع فى الغالب ، بل المتبع هو صبه فى قوالب وتركه حتى يجف ثم تكسيره إلى قطع ذات أحجام ملائمة للوضع فى أفران التقليب .

والأفران المستخدمة فى هـذه الطريقة أصغر فى حجمها قليلا من أفران الطريقة الرطبة ولا يبطن مرقدها بالخبث ولا بالحديد الغفل . وكان المتبع

فى الزمن المـاضى أن يبطن المرقد بطبقة من الرمل يرش فوقها قليل من خبث الحديد، لكن فى الوقت الحاضر يبطن المرقد بأوكسيد الحديد بسمك يختلف من بوصة واحدة إلى بوصة ونصف ، وذلك بأن يوضع فوقه كمية كافية من الحديد الخردة و يسلط عليها لهب شديد فيلين هذا الحديد و يتأكسد ثم يقلب بشدة على المرقد حتى يكسوه بطبقــة منتظمة من أوكسيد الحديد . وبعد أن يتم إعداد المرقد بهذه الكيفية يؤتى بشحنة من الزهر الخام الأبيض المكرر وتوضع على جوانب المرقد بحيث لاتصل إلى وسطه ، فاذا ماابتدأت الشحنة أن تلين من تأثير الحرارة يغلق باب المدخنــة حتى تقل الحرارة ولا ينصهر المعدن بل يستحيل إلى عجينة فقط وعندها يسحب إلى وسط المرقد ويقلب حتى تتأكسد المواد الغريبة الموجودة به وتحوّل إلى خبث . وتستمر عملية التحويل كما فى الطريقة الرطبة ، فقط يكون الغليان فيها أقل شدّة . فاذا ما وصل المعدن إلى دور التكرير يفتح باب المدخنة قليلا فترتفع حرارة الفرن و يسخن المعدن إلى درجة اللحام .

وبمقارنة هذه الطريقة بالطريقة الرطبة نجد ما يأتى :

(١) عملية التحويل بالطريقة الجافة تسـتغرق زمنا أقل وتسـتهلك كمية من الوقود أقل من الطريقة الرطبة وتنتج منها كمية أقل من الخبث .

(٢) تضيع فى الطريقة الجـافة كمية من الزهر الخام أكبر ممـا تضيع فى الطريقة الرطبة والحديد الخام الناتج منها لا يكون جيد النوع الا اذا كان الزهر الخام مستخرجا من حديد غفل نقى نسبيا من المواد الغريبة .

وفى الوقت الحاضر لا تسـتخدم الطريقة الجافة فى انجلترا الا فى مقاطعة يوركشير حيث يعنى بعملية الاستخراج والتحويل عناية خاصــة ، ولذلك يباع الحديد الخام الناتج منها بما يعادل ضعف ثمن الحديد الخام الاعتيادى .

الحرارة الضائعة فى أفران التقليب — نظرا لصغر حجم المرقد فى أفران التقليب تخرج الغازات منها على درجة حرارة مرتفعة جدا وتتسرب من المدخنة الى الجو فتضيع كمية الحرارة المخزونة فيها هدرا. لذلك رؤى الاستفادة من هذه الحرارة بتوجيه الغازات بعد خروجها من الأفران الى مراجل بخارية توضع بالقرب من هذه الأفران . واستخدام البخار المتولد فى سد حاجات المصنع كتشغيل المطارق البخارية وتوليد القوى وغير ذلك .

العمليات التجهيزية للحديد الخام — تفرد فى المصانع منطقة خاصة لاستخراج الحديد الخام ولإجراء عمليات التجهيز عليه حتى يصبح صالحا للعرض فى السوق ، وهذه المنطقة تقسم عادة إلى قسمين يطلق على الأول منهما قسم الحدادة وعلى الثانى اسم قسم الآلات :

فقسم الحدادة يشمل أفران التكرير وأفران التقليب وآلات الطرق والكبس على اختلاف أنواعها ، ثم مجموعة من آلات الجلخ [١] تسمى جلوخة الحديد المقاب ، وفى هذا القسم تتم عمليات التحويل والتجهيز الابتدائى لسيقان وألواح الحديد الخام ، فعندما يخرج الحديد الخام من أفران التقليب على شكل كرات ساخنة جدا تنقل هذه الكرات الى المطارق [٢] الآلية أو المكابس حيث تطرق أو تكبس على شكل كتل منشورية مستطيلة القطاع ، ثم تنقل هذه الكتل وهى ساخنة الى جلوخة الحديد المقلب ، حيث تسحب إما

(١) آلات الجلخ أو الجلوخة هو الاسم الذى تواضع الصناع المصريون على إطلاقه على الآلات ذات الدرافيل التى تستخدم فى سحب كتل الحديد وغيره الى ألواح أو الى سيقان أو كرات الخ وعلى الآلات المشابهة لها التى تستخدم فى لف ألواح الصاج الى اسطوانات وقد رأى بعضهم تسميتها (المصفاح) ويطلق لفظ الجلخ أيضا فى البلاد المصرية على آلات سن العدد القاطعة . ويلزم التمييز بين النوعين .

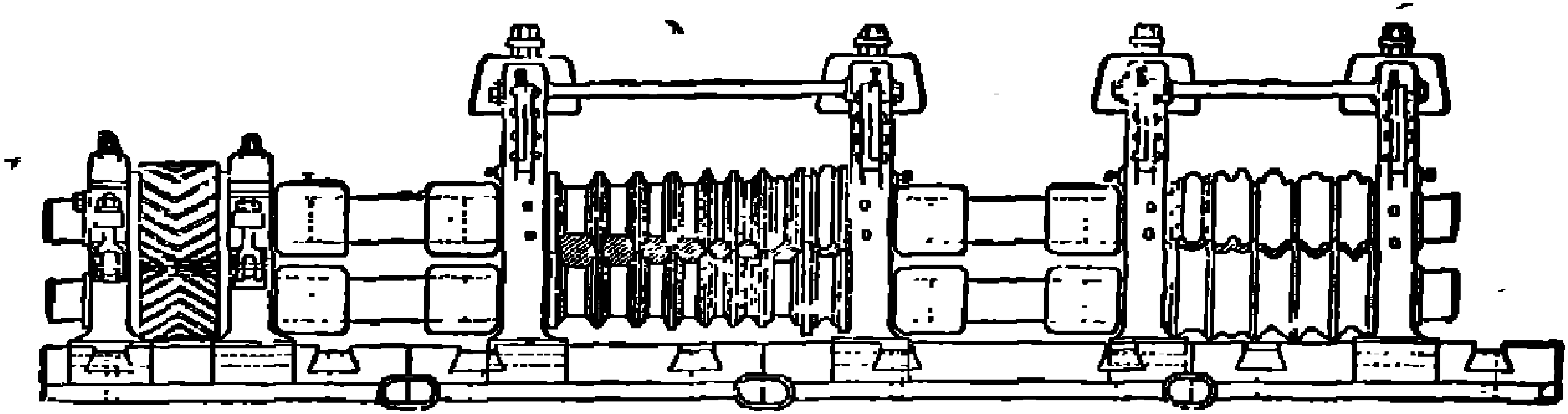
(٢) انظر المطارق فى الصلب .

الى سيقان مستطيلة القطاع تعرف باسم سيقان الحديد المقلب ، وأبعادها على وجه التقريب ١٦ قدما فى الطول و ٣ بوصات فى العرض و ٠٫٧٥ بوصة فى السمك ، وإما إلى ألواح عرضها من ٦ بوصات إلى ١٥ بوصة إن كان الحديد الخام مطلوبا تحويله فيما بعد الى ألواح من الصاج .

أما قسم الآلات فإنه يشمل مجموعة أخرى من الجلوخة مختلفة الأشكال ومجموعة من المقصات والمطارق الآلية وكذلك مجموعة من الأفران تعرف باسم أفران إعادة التسخين . وفى هذا القسم تجرى عمليات التجهيز النهائى فيؤتى اليه بسيقان الحديد المقلب وتحول الى الأشكال المعروفة فى السوق كما سيأتى شرحه تفصيلا فيما بعد .

آلات الجلخ — توجد أنواع كثيرة من هذه الآلات منها ما هو خاص بصنع سيقان الحديد المقلب فى عملية التجهيز الابتدائى، ومنها ما هو خاص بصنع الأشكال المختلفة فى عملية التجهيز النهائى كالسيقان المستديرة القطاع المعروفة بالأسياخ أو السيقان المستطيلة القطاع المعروفة بالحوص أو الزوايا والكمرات على اختلاف أنواعها ، أو الألواح الصاج والصفيح وغير ذلك. وهذه الآلات مهما اختلف شكل الحديد الخام الخارج منها فان نظريتها وطريقة تشغيلها واحدة، وتتكوّن من اسطوانتين مشكل على محيطهما مجار تكوّن بينهما شكل قطاع الحديد المطلوب ، وتلك المجارى تشكل بحيث تتناقص تدريجيا فى حجمها فتوضع الكتلة أولا فى أكبر المجارى ثم تمرر بالتدريج فى باقيها فيتناقص مقطعها الى الشكل المطلوب بينما يزداد طولها ، والواقع أن الاختلاف التدريجى لهذه المجارى ما هو إلا خطوات تنتهى بالحديد الى المقطع المطلوب .

وعلى ذلك نجتزئ بذكر واحدة منها على قبيل المثال(فشكل ٢٦) يبين آلة جلخ خاصة بصنع الزوايا، وتتكون من زوجين من الدرافيل (الاسطوانات) قطر كل منها من ١٥ً إلى ١٨ً محمولة على تقفيصة ذات أنخاذ . وتصل الحركة من المحرك مباشرة الى الدرفيل الأسفل الذى ينقلها الى الدرفيل الأعلى بواسطة تروس .



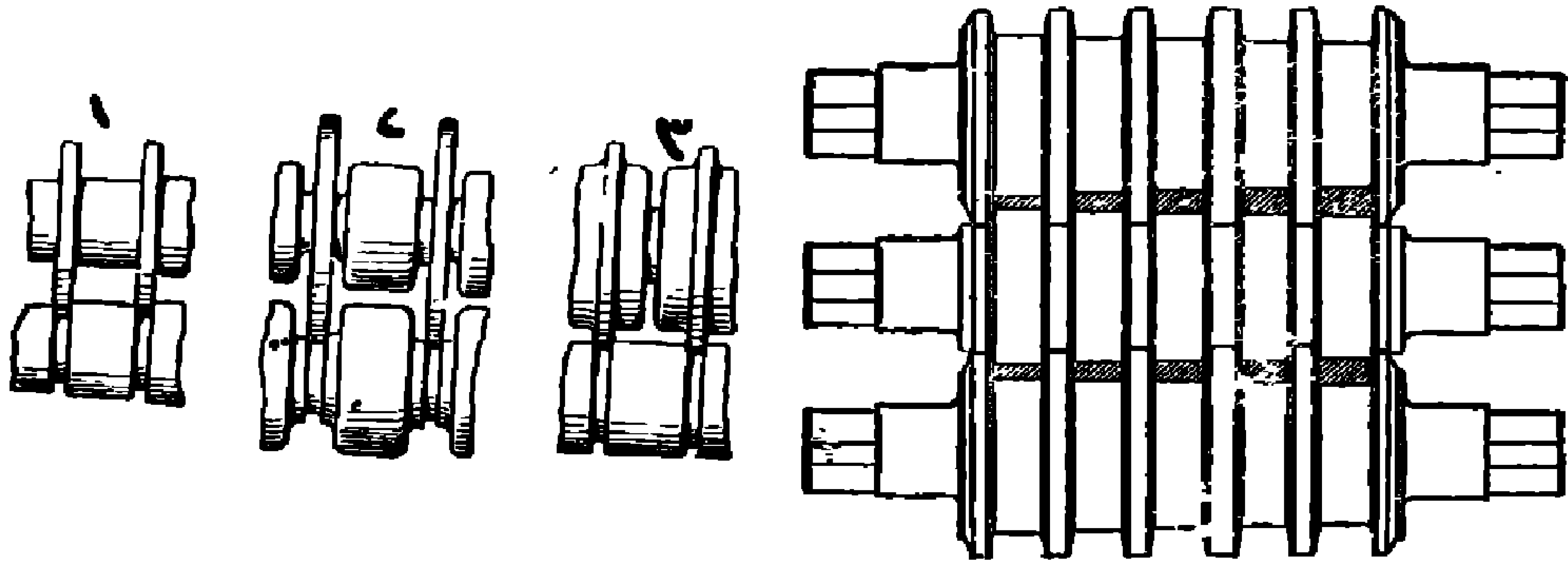
(شكل ٢٦ — آلة جلخ لصنع الزوايا)

وبالنظر إلى شكل (٢٦) يرى أن آلة الجلخ مقسمة الى مجموعتين : اليسرى منها تسمى مجموعة درافيل السحب واليمنى تسمى مجموعة التشكيل والتنعيم النهائى . وحيث أن الدرفيلين يدوران فى اتجاهين مختلفين فانهما يسحبان الكتلة بينهما . وبإمرارها بين مجارى التحضير تشكل تقريبا الى السمك المطلوب ، أما مجارى درافيل التشكيل فتبتدئ بشكل قوس من دائرة وتنتهى على شكل الزاوية المطلوبة . ودرافيل التنعيم وكراسيها تبرد عادة بتسليط تيار مستمر من الماء البارد عليها .

لكن أكبر عيب فى هذا الطراز من الآلات هو صعوبة نقل الكتلة أو السيقان من الخلف الى الأمام أثناء عملية السحب والتشكيل وهذا نتيجة طبيعية لوجود الدرافيل أزواجا أزواجا فى هذه الآلات . وحيث ان هذا النقل يستغرق وقتا غير قليل يكفى لتبريد سطح المعدن مع أنه من الضرورى جدا أن يكون سطح المعدن ساخنا أثناء مروره بين الدرافيل لذلك استدعى

الأمر عمل الآلة ذات الثلاثة درافيل المبينة درافيلها فى شكل (٢٧) وفى هذه الآلة يمر الساق فى مجرى من مجارى الدرفيل الأسفل والأوسط من الناحية الأمامية للناحية الخلفية ثم يرجع من الناحية الخلفية الى الأمامية مارا بمجرى مشابهة بين الدرفيلين الأعلى والأوسط وهلم جرا .

ويختلف شكل الدرافيل تبعا لنوع السيقان أو الكمرات الخ ... المطلوب صنعها .

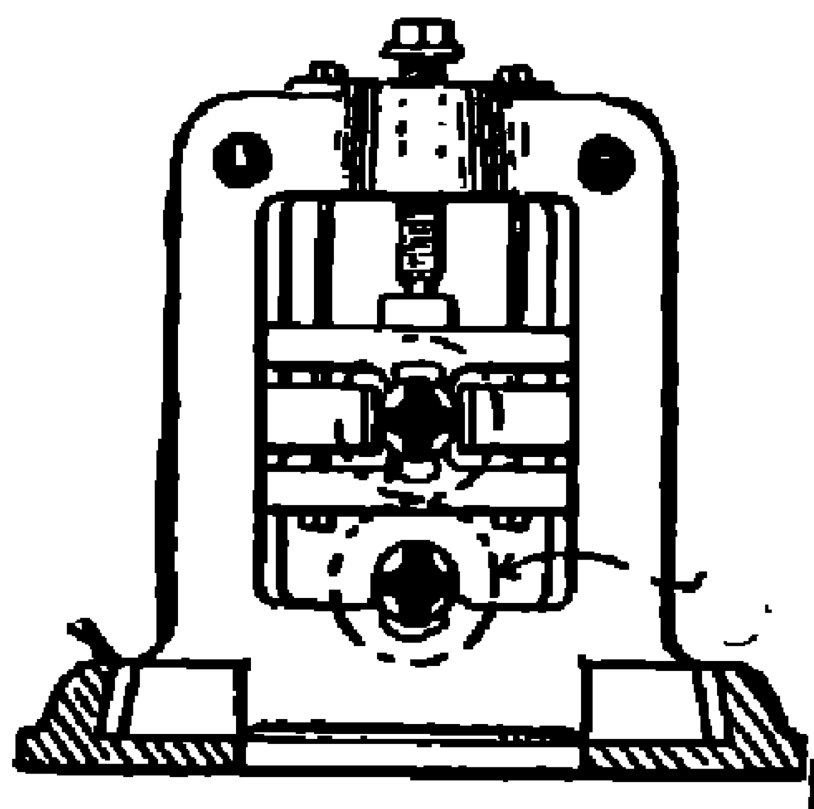


(شكل٢٧ — درافيل آلة ذات ثلاثة درافيل) (شكل٢٨ — أنواع مختلفة من الدرافيل)

وشكل (٢٨) يبين ثلاثة أنواع من الدرافيل منها (١) لعمل الخوص و (٢) لعمل الكمرات شكل H و (٣) لعمل الكمرات شكل T وشكل (٢٩) مسقط جانبى لآلة جلخ .

وتستخدم آلات الجلخ أيضا فى تحويل كتل الصلب الطرى الى أسياخ وخوص وكمرات وقضبان وألواح الخ ... أسوة بالحديد الخام تماما .

كذلك يستخدم الصياغ آلات جلخ صغيرة فى سحب سبائك الذهب والفضة وغيرها من المعادن الثمينة .



(شكل٢٩ — مسقط جانبى لآلة جلخ)

أنواع الحـديد الخام المعروفة فى الصناعة — تختلف أنواع الحـديد الخام تبعا لخلوها من الأوساخ ولدرجة نقائها من العناصر الغريبة ولانتظام أليافها . وقد جرى العرف التجارى فى الأســواق التجارية على ترتيب الأنواع المختلفة من الحديد الخام تبعا لعـدد العمليات الميكانيكية كالحزم والطـرق واللحام والتجليخ ... ... الخ التى تمر بهـا كمرات الحديد بعـد استخراجها من أفران التقليب . وأهم الأنواع المعروفة فى البـلاد الانجليزية هى :

الحديد نمرة (١) أو الحديد المقلب — المستخرج مباشرة من جلوخة التقليب بالطريقة السابق شرحها ، وهو أقل الأنواع جودة نظرا لوجود بعض أوساخ به لم تطرد خلال عملية الكبس ، وتظهر هـذه الأوساخ بوضوح فى مقطعه فتجعل لونه أزرق قاتمـا . ومقطع هذا الحديد متبلور وخال من الألياف ، وهو لا يصلح قط لأعمال الحدادة ، إنمـا يستخدم فقط لتحويله إلى الأنواع الأكثر جودة بتقسيمه وحزمه وإعادة تسخينه وطرقه كما سيرد بعد ، وعلى ذلك لا يباع هذا النوع فى الأسواق .

الحديد نمرة (٢) أو الحديد التجارى — وهو أجود من الحديد المقلب ويصنع منه بتقسيم خوص الحديد المقلب إلى أطوال مناسبة وضم بعضها إلى بعض على شكل حزم ، ثم تسخينها إلى درجة اللحام فى أفران خاصـة تشبه أفران التقليب لكن أصغر منها حجما ، وتعرف باسم أفران إعادة التسخين . وبعد إخراج الحزم الساخنة من هذه الأفران توضع تحت المطارق ، وتطرق حتى تلتحم أجزاؤها وتصبح كتلة واحدة ، ثم توضع الكتلة فى آلات الجلخ لتحويلها إلى الأحجام والأشكال المطلوبة . ومقطعه ذو ألياف قليلة ويصلح نوعا ما لأعمال الحدادة . كذلك تصنع منه القضبان والكمرات والزوايا الخ

الحديد نمرة (٣) أو الحديد الأجود — ويصنع من الحديد نمرة (٢) بتكسيره و إعادة حزمه وتسخينه وطرقه ووضعه فى آلات الجلخ ، أى أنه حديد خام مر بعمليات الطرق والكبس والتجليخ ثلاث دفعات بعد إخراجه من أفران التقليب . وهو أصلح من نمرة (٢) لأعمال الحدادة نظرا لقابليته للسحب ومقاومته للثنى والالتواء . وهذا النوع يطابق تماما مايشترطه المهندسون عادة فى مواصفاتهم لأعمال الحدادة .

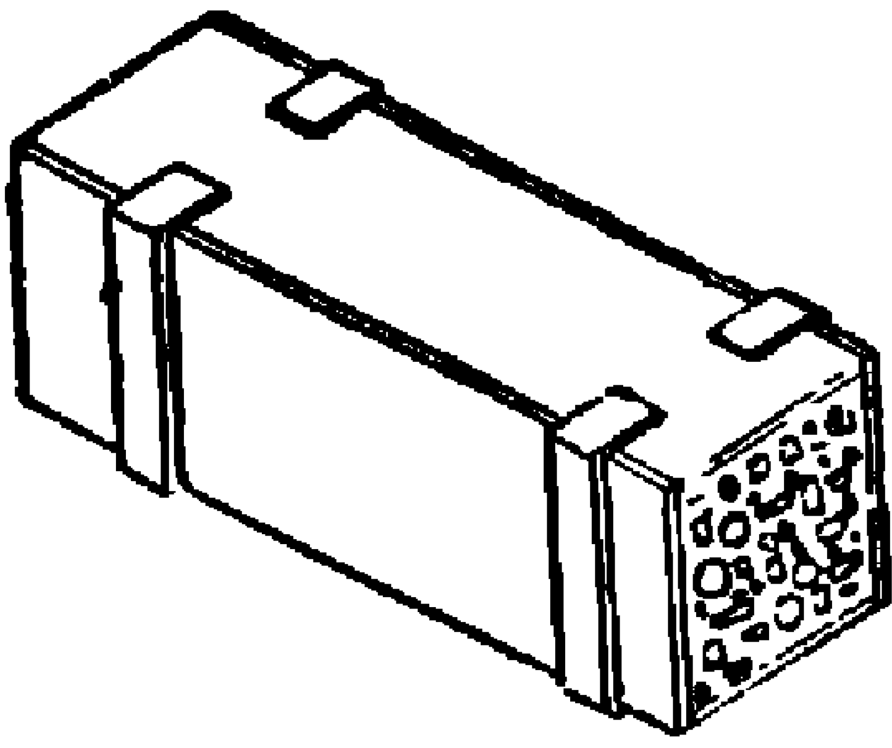
الحديد الأجود أو المزدوج الجودة — وهو الذى أجريت عليه عمليات الطرق والكبس والتجليخ أربع دفعات . وهو نوع ممتاز ويصلح لصنع السلاسل (الجنازير) والبرشام وغير ذلك .

الحديد الثلاثى الجودة — وهو الذى أجريت عليه العمليات السابق ذكرها خمس دفعات . وهو أجود الأنواع كلها .

ومن هـذا يرى أنه كلما زادت عمليات الحزم وإعادة التسخين والطرق والكبس والتجليخ قلت الأوساخ فى الحديد الخام وأصبحت أليافه أكثر انتظاما ، فتزداد متانته ومقاومته وقابليته للحام . وبما أن تكرار هذه العمليات هو الذى يسبب وجود الألياف فى الحديد الخام إذن فالحديد الذى تكثر الألياف فى مقطعه يكون هو الأجود صنفا . لكن لايؤخذ هذا على إطلاقه إذ توجد أنواع جيدة جدا من الحديد يكون مقطعها ذا حبيبات دقيقة شبيهة بمقطع الصلب الطرى .

ويوجد غير ماذكر نوع آخر جيد جدا يصنع من الحديد الخردة وطريقة صنعه كما يأتى :

يؤتى بأربعة خوص من الحديد الخام وتركب بعضها على بعض على شكل صندوق أجوف كما هو مبين بشكل (٣٠) وتربط بأطواق من الحديد ثم يملأ التجويف بقطع من الحديد الخردة ، ويوضع الصندوق بمحتوياته فى فرن ، ويسخن عليه حتى ترتفع حرارته إلى درجة


(شكل ٣٠)

اللحام ، وعندها يقلب الصندوق على جوانبه دون أن يخشى عليه من التفكك أو سقوط شيء من محتوياته ، ثم يستخرج من الفرن ويوضع تحت المطارق الآلية ويطرق جيدا حتى يتخلص من جميع الأوساخ الموجودة به ، ويؤخذ بعد ذلك إلى آلات الجلخ حيث يشكل إلى خوص ثم تقطع الخوص إلى أطوال مناسبة وتحزم بعضها مع بعض ، ويعاد تسخينها وطرقها ثم تشكيلها على آلات الجلخ إلى خوص أو ألواح حسب الطلب . والحديد الناتج من هذه الطريقة يعد من أحسن أنواع الحديد الخام .

الحديد السويدى أو حديد دانيمورا — ويصنع فى بلاد السويد من الزهر الخام المستخرج من الحديد الغفل المغناطيسى وهو من أجود أنواع الحديد الخام .

أما فى البلاد المصرية فالحديد الخام الكثير الشيوع والانتشار هو من طراز الحديد التجارى نمرة "٢" ، وأغلبه يستخدم فى الأغراض المعمارية . وتستخدم أحيانا بعض الأنواع الأكثر جودة فى الأغراض الميكانيكية إنما بكميات قليلة وأهم الممالك التى يرد منها الحديد الخام للبلاد المصرية هى بلجيكا وفرنسا وألمانيا وبريطانيا العظمى .

التغليف — ذكرنا فى أوائل هـذا الفصل أن الحديد الخام والصلب الطرى غير قابلين للتقسية إذا سخنا لدرجة الحرارة الحمراء ثم غمرا فى المـاء البارد ، وذلك بعكس الصلب الناشف الذى يمتاز بهذه الخاصية ، لكن هناك عملية تعرف بالتغليف يمكن بواسطتها تحويل السطح الخارجى فقط للحديد الخام أو الصلب الطرى إلى صلب ناشف ، بينما يظل القلب على حاله لينا (طريا) وبهـذه العملية يصبح السطح الخارجى صلبا (ناشفا) بينما يحافظ القلب على ليونته .

وعملية التغليف تجرى عادة على أجزاء المشغولات بعد الانتهاء من صنعها وتشكيلها ، وهى مهمة جدا فى صنع أجزاء الآلات المعرضـة للصدمات والاهتزازات والتى يتعرض بعضها لتآكل البعض الآخر . فالتغليف يمنع سطوحها المتلامسة من التآكل السريع من جراء الاحتكاك ، بينما ليونة القلب تقيها فعل الصدمات والاهتزازات .

وللتغليف أهمية أخرى لا تقل عن الأولى إلا وهى تقليل تكاليف الإنتاج لأجزاء الآلات السابق الاشارة اليهـا ، فلو صنعت هذه الأجزاء من الصلب الناشف لكانت تكاليفها باهظة . لأن الصلب الناشف بطبيعة صنعه أغلى ثمنا من الحديد الخام ومن الصلب الطرى ، ثم يتكلف كثيرا عند تشكيله بالطرق والحدادة وغير ذلك من المخارط والمقاشط والآلات التى يلزم مروره بهـا لتأخذ الأجزاء المصنوعة منه شكلها النهائى المطلوب . أما إذا صنعت هـذه الأجزاء من الحديد الخام أو الصلب الطرى فإن التكاليف تكون أقل كثيرا لأن كلا الصنفين رخيص فى ثمنه، كما أن تكاليف تشكيل الأجزاء المصنوعة منها على الآلات يكون أقل نظرا لليونة المعدن وقصر المدة التى يستغرقها تشكيله على الآلات ، وعدم إرهاقه لهذه الآلات خلال عملية

التشكيل . ولهذا السبب تصنع الكثير من الأدوات من الصلب الطرى أو الحديد الخام المغلفين كطواحين البن والبنوز و بعض المسامير و بعض أجزاء محركات السيارات .

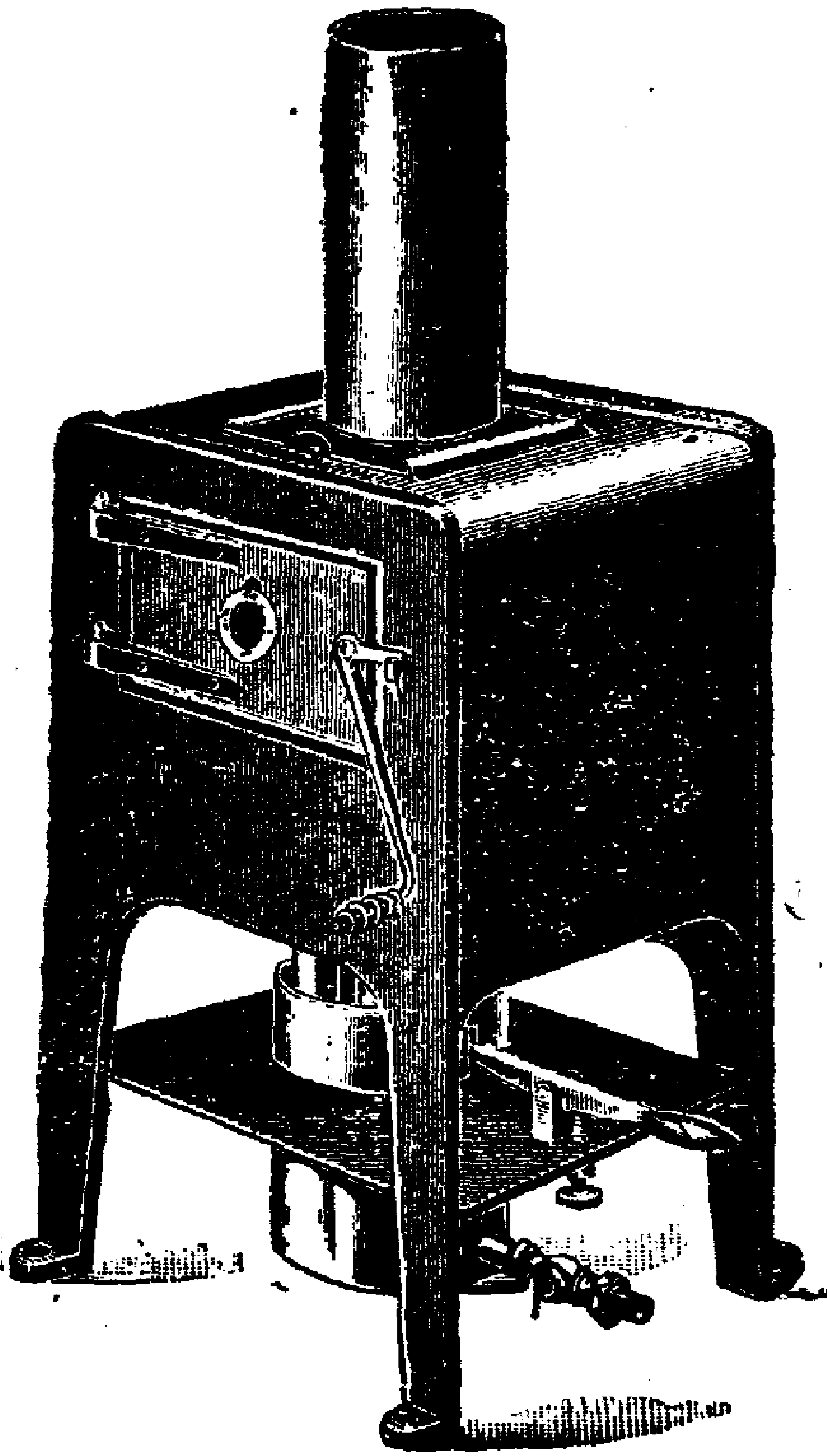
والغلاف المقسّى قد يكون طبقة رقيقة جدا لكنه قد يصل أحيانا إلى عمق $\frac{٣}{١٦}$ من البوصة تبعا لنوع المشغولات المطلوبة .

و يجرى التغليف عادة بإحدى طريقتين :

(الأولى) وهى أسهل الطريقتين ، وتعرف باسم طريقة البوتاس وتستخدم فى الأحوال المستعجلة لا سيما فى التصليحات ، و يكون الغلاف المقسى بواسطتها قليل العمق ، وهى تستعمل بكثرة فى الورش المصرية . وكيفية إجرائها أن يؤتى بالقطعة المطلوب تغليفها — بعد أن تكون قد أخذت شكلها النهائى — فيصقل سطحها جيدا ثم تسخن على كور الحداد إلى درجة الاحمرار الزاهى و يزال ما عليها من الأوساخ التى قد تنتج عن التسخين ، ثم يرش عليها مسحوق بروسيات البوتاس الأصفر [١] فينصهر و يصبح سائلا وعندئذ يدعك جيدا على كل السطح المطلوب تقسيته حتى يتصه السطح الساخن ، و بعد ذلك تسخن القطعة ثانيا إلى درجة الاحمرار القاتم وتغمر فى الماء أو الزيت فتقسو . وتتوقف كمية البوتاس المستعملة على سمك الغلاف المطلوب ، فكلما زاد السمك وجب استعمال البوتاس بسخاء ، أو تكرار العملية على القطعة الواحدة . أما إذا كان عدد القطع المطلوب تغليفها كبيرا فان البروسيات تذاب فى وعاء من الحديد ثم تسخن القطع إلى درجة الأحمرار فى الأكوار أو فى أفران خاصة ، وتغمر فى الوعاء ثم تسخن ثانية وتغمر فى الماء أو الزيت . والأفران

(١) يسمى أيضا سيانور البوتاسيوم الحديدى .

التى تستخدم فى هذا الغرض متعددة الأنواع، ويستعمل فى تسخينها الفحم أو زيت الوقود أو غاز الاستصباح . وشكل (٣١) يبين فرنا صغير الحجم يسخن بغاز الاستصباح ويصلح للورش المصرية الكائنة فى المدن الكبرى التى يتوافر فيها هذا الغاز كالقاهرة والاسكندرية. وهذا الفرن مصنوع من الصاج وله بابان متقابلان حتى يمكن وضع الأجزاء الطويلة فيه ، وتيار الهواء الداخل للفرن يتولد بطريقة السحب الطبيعى ، وتنظم كميته بواسطة جهاز خاص حتى تتفق ونوع الغاز المستعمل . ويمكن رفع حرارة هذا الفرن إلى درجة ٩٠٠° مئوية إذا كان البابان مقفلين، أما إذا ترك أحدهما مفتوحا بسبب وجود قطع طويلة داخل الفرن فان درجة الحرارة قل أن تعدو ٨٥٠° مئوية .



(شكل ٣١)
فرن التغليف

(الثانية) وهى أهم الطريقتين وتعرف بطريقة الصندوق ، وتستخدم فى المصانع الكبيرة، وتتلخص فى وضع القطع المطلوب تغليفها فى صندوق من الحديد (أو من الطين الحرارى) ذى غطاء قاطع للهواء ، ثم يوضع معها

بعض المواد المحتوية على الكربون كسحوق العظام وقرون الماشية وجلودها أو بعض المستحضرات الخصوصية المشتملة على هذه الأصناف [1] . وبعد أن ترتب جيدا فى الصندوق بحيث تكون محاطة من جميع نواحيها بالمواد الكربونية يقفل غطاء الصندوق قفلا محكما ، وكذلك جميع منافذه بحيث لا يتسرب الهواء إلى داخله من أى منفذ فيه ، وبعد ذلك يوضع الصندوق فى فرن مخصوص ويحمى عليه لدرجة اللحام ولمدد تختلف باختلاف نوع القطع وحجمها وسمك الغلاف المطلوب. فالقطع التى يبلغ سمكها نحو ربع بوصة تمكث فى الفرن نحو ساعتين والقطع المتوسطة الحجم التى يلزمها غلاف أسمك تمكث نحو خمس ساعات والقطع التى يلزمها غلاف سمكه من $\frac{١}{٨}$ إلى $\frac{٣}{١٦}$ بوصة تمكث من ١٥ إلى ١٨ ساعة تقريبا وهلم جرا . وبعد أن تمكث القطع الوقت المناسب لها فى الفرن يسحب الصندوق وتستخرج منه القطع وتغمر فى الماء أو الزيت فيقسو سطحها . ويلاحظ أن القطع المغلفة يكون سطحها لامعا إذا لم تعرض للهواء فان تعرضت له يتأكسد سطحها ويفقد لمعانه .

وخلاصة الطريقتين تنحصر فى تفاعل البروسيات فى الحالة الأولى والقرون والجلد والعظام فى الحالة الثانية مع سطح الحديد أو الصلب الطرى فتكسبه جزءا من الكربون الموجود فيها وتجعله صلبا .

---

(١) تباع هذه المستحضرات فى انجلترا تحت اسم :

(Special patent case hardening mixtures)

الفصل الثامن

الصلب

الصلب — الفولاذ — وهو اسم يطلق عادة على بعض مركبات الحديد والكربون المختلطة بنسب صغيرة من المواد الغريبة الأخرى كالسليكون والمانجنيز والكبريت والفوسفور . وقد كان هذا الاسم يقصر فيما مضى على مستخرجات الحديد الغفل التى يمكن تقسيتها بتسخينها إلى درجة الاحمرار ثم غمرها فى الماء البارد . لكن ظهور صلب بسمر وغيره من الأنواع العادية وكذلك ظهور أنواع أخرى مستحدثة من الصلب جعل مدى هذا الاسم واسعا جدا ، فأصبح يشمل أنواعا كثيرة متباينة التركيب والخصائص . منها ما يشابه الحديد الخام فى أغلب خصائصه ، بل ويزيد عنه فى الليونة ولا يختلف عنه إلا فى شكل مقطعه وسهولة قابليته للصهر والصب فى قوالب . ومنها ما هو شديد الصلابة والمتانة ، ومنها ما ينفرد بصفات خاصة تكاد تجعله معدنا قائما بذاته . فلهذه الأسباب أصبح من الصعب جدا وضع تعريف شامل للصلب يضم جميع أنواعه المعروفة فى الوقت الحاضر . لكن أنواع الصلب مهما اختلفت فى تراكيبها وصفاتها وخصائصها فانها تنحصر عادة فى طائفتين :

(١) الصلب الكربونى — ويشمل جميع الأنواع التى تكتسب صفاتها البارزة من وجود عنصر الكربون بها بغض النظر عن العناصر الأخرى الداخلة عرضا فى تركيبها .

(٢) صلب السبائك — ويطلق على جميع الأنواع التى تكتسب صفاتها البارزة من معدن آخر داخل فى تركيبها زيادة عن عنصر الكربون .

وقد أفردنا لشرح الصلب الكربونى وخصائصه وطرائق استخراجه ومعالجته هذا الفصل وما يليه حتى نهاية الفصل الحادى عشر . كما أننا أتينا فى الفصل الثانى عشر على بيان موجز عن صلب السبائك و بعض الأنواع الأخرى المستحدثة من الصلب .

مميزات الصلب الكربونى — أهم ما يتميز به الصلب الكربونى عن الحديد الخام والزهر الخام هو كمية الكربون الداخلة فى تركيب كل منها . أما العناصر الأخرى فلا تأثير لها البتة فى تمييز نوع عن آخر ، وإن كان وجودها فى تركيب كل من هذه الأنواع يعدّل خصائصه دون أن يفقده شخصيته .

ونسبة الكربون فى كل من هذه الأنواع الثلاثة هى على وجه العموم كما يأتى :

الزهر الخام فيه من ٢,٢ فى المائة إلى ٥ فى المائة كربون تقريبا .

الحديد الخام فيه من ٠,٠٤ فى المائة إلى ٠,٢٥ فى المائة كربون تقريبا .

الصلب فيه من ٠,٠٥ فى المائة إلى ١,٨ فى المائة كربون تقريبا .

أى أن الصلب وسط بين الحديد الخام والزهر الخام فى كمية الكربون المحتوى عليها . لكن من هذا البيان يرى أن بعض أنواع الصلب قد تحتوى على نسب من الكربون تعادل ما قد يوجد فى بعض أنواع الحديد الخام . وعلى ذلك فكمية الكربون ليست هى العامل الوحيد فى تمييز هذه الأنواع الثلاثة بعضها من بعض .

أثر الكربون فى خصائص الصلب — الكربون هو أهم مركبات الصلب الكربونى بعد عنصر الحديد . أما العناصر الأخرى فانها تعد موادا غريبة

أو أوساخا ، وبما أنه يصعب جدا صنع صلب خال من هذه المواد (محتو فقط على حديد وكربون) فانه كلما قلت نسبة هـذه المواد فى الصلب كان أنق وأعظم جودة .

وأثر الكربون فى الصلب وبالمثـل أثر أغلب المواد الأخرى الداخلة فى تركيبه — هو زيادة قوة تماسك الصلب (أى مقاومته للشد) وفى الوقت نفسه إنقاص قابليته للسحب. لكن الكربون يمتاز عن غيره بأنه أقدر العناصر على إكساب الصلب صـلابة (أى نشـوفة) ، وعلى ذلك فكلما زادت نسـبة الكربون فى تركيب الصلب زادت قوة تماسكه ونشوفته وقلت قابليته للسحب . لكن هـذه القاعدة يلزم ألا تؤخذ على إطلاقها اذ أنهـا تتغير تبعا لطرائق معالجة الصلب من حيث معدل تبريده بعد تسخينه وغير ذلك كما سيرى بعد .

وأثر الكربون فى زيادة نشوفة الصلب هو العامل الرئيسى فى تقسيم الصلب الكربونى إلى أنواعه المختلفة المعروفة فى السوق .

أنواع الصلب الكربونى — توجد أنواع متعددة من الصلب الكربونى يختلف بعضهـا عن بعض فى نسـبة الكربون الداخلة فى تركيب كل منهـا والأغراض التى يستخدم فيها. وقد جرى العرف الصناعى فى أغلب الممـالك وكذلك فى البلاد المصرية على إدماج هذه الأنواع كلها تحت قسمين رئيسيين ، وهما : الصلب الطرى ، والصلب الناشف . لكن بعض الدوائر الصناعية فى البـلاد الأوربية تدمجها أحيانا تحت ثلاثة أقسام رئيسـية وهى : الصلب الطرى ، والصلب المتوسط ، والصلب الناشف. ويلزمنا أن نفهم من بادئ الأمر أن هـذا التقسيم اجتهادى محض اذ إنه من الصعب جدا وضع حدود دقيقة تفصل بين كل قسم وآخر .

الصلب الطرى — وتختلف نسبة الكربون فيه من ٠٥, في المائة الى ٢٥, في المائة تقريبا ، وهو شديد الشبه بالحديد الخام لدرجة أنه حل محله في كثير من الأغراض الصناعية المهمة وذلك للسببين الآتيين : —

(١) ان الاختبار والتجارب قد أثبتا بطريقة قاطعة أفضلية الصلب الطرى عن الحديد الخام العادى (أو التجارى) من حيث الجودة والمتانة وسهولة الصنع .

(٢) رخص التكاليف نظرا لإمكان إنتاج الصلب الطرى بكميات كبيرة بواسطة الوسائل الحديثة .

لكن الصلب الطرى بالرغم من مزاياه هذه توجد منه بعض أنواع عادية صعبة في لحامها وكبسها ، وذلك لافتقارها الى درجة حرارة عالية أثناء عملية اللحام يصعب الحصول عليها في أكوار الحدادة ، ولاحتمال تشققها أثناء اللحام. أما الحديد الخام فهو بعكس ذلك سهل جدا في لحامه ولا يتشقق ، ويتحمل الطرق الشديد دون أن تقل جودته . وترجع هذه المزايا في الحديد الخام الى طبيعة تكوينه ، اذ أن مقطعه مكون في الغالب من ألياف تساعد على لحامه بسهولة بينما مقطع الصلب الطرى مكون من بلورات صغيرة (حبيبات) متجانسة فيصعب لحامه . وقد كانت هذه المزايا في الحديد الخام من أهم أسباب انتشاره في السنين الماضية في صناعة المطروقات الكبيرة ، حيث كانت تعمل هذه المطروقات من أجزاء متعددة منه مطروقة على المطارق الآلية ثم تلحم بعضها مع بعض ، وتكبس فتصبح في تماسكها وقوتها كما لو كانت مصنوعة من قطعة واحدة . لكن نظرا لما للصلب الطرى من مزايا أخرى تجعل له الأفضلية في صناعة المطروقات الكبيرة فقد فتقت الحيلة الى المصانع طريقة أمكن الاستغناء بها كلية عن عملية اللحام ، وذلك

بأن تصنع هـذه المطروقات من قطع كبيرة من الصلب الطرى تشكل على مطارق آلية ضخمة اخترعت خصيصا لهـذا الغرض . ويرجع ذلك الى أن الصلب الطرى أمكن بسهولة الحصـول على قطع كبيرة منه بخلاف الحديد الخام الذى يمكن أن يتحول الى مادة عجينية فيستفاد عادة من هـذه الخاصية بتشكيله بواسطة الطرق والحام إلى الشكل المطلوب .

ويلزم ألا يفهم ممـا سبق أن الصلب الطرى غير ممكن لحامه بل بالعكس يمكن لحام الأنواع العادية منه وكبسها مع قليل من العناية، كما أن هناك أنواعا جيدة منه تعادل الحديد الخام فى سهولة لحامها لكن ارتفاع تكاليف صنعها يحول دون استعمالها بكثرة فى المشغولات العادية .

والجدول الآتى يبين تركيب عينة من الصلب الطرى وأخرى من الحديد الخام الجيد على سبيل المقارنة :

التركيب	فوسفور	كربون	سليكون	مانجنيز	خبث	حديد	الجملة
صلب طرى	٠,٠٥	٠,٢٠	٠٢,	٥٠,	لاشىء	٩٩,١٨	٩٩,٩٥
حديد خام جيد	١٦,	٠,٠٤	٢٥,	٠١,	٢,٦٠	٩٦,٨٥	٩٩,٩١

الصلب المتوسط — وتختلف نسبة الكربون فيه من ٠,٢٥ فى المـائة الى ٠,٦ فى المـائة تقريبا وهو وسط فى خصائصه بين الصلب الطرى والصلب الناشف إذ هو قابل للطرق واللحام كالصلب الطرى تماما كما أن بعض أنواعه تقبل التقسية والمراجعة كالصلب الناشف .

الصلب الناشف — تختلف نسبة الكربون فيه من ٠,٦ فى المائة الى ١,٨ فى المائة تقريبا ، وهو أمتن وأنشف من القسمين السابقين ، و يقبل عمليات التقسية والمراجعة . ولحام هذا الصلب صعب جدا إذ يلزم أن تكون نسبة الكربون فى القطعتين المطلوب لحامهما واحدة ، فان لم تكن كذلك يلزم أن تحمى كل قطعة إلى درجة حرارة مختلفة تتناسب وكمية الكربون الموجودة فيها ، و يستلزم الصلب الناشف فى حدادته عناية أكثر مما يستلزمها الحديد الخام أو الصلب الطرى أو الصلب المتوسط لأنه يكون عرضة للتلف إذا لم يسخن لدرجة الحرارة المناسبة لتركيبه .

الطبع أى درجة النشوفة (Temper) — تتميز أنواع الصلب التى تقبل التقسية — وهى الصلب الناشف و بعض أنواع الصلب المتوسط — بعضها عن بعض بدرجة نشوفتها الخاضعة لكمية الكربون الداخلة فى تركيبها . و يطلق على درجة النشوفة فى اللغة الانجليزية لفظ (Temper) ومعناها اللغوى "الطبع" واننا نرى أن هذا اللفظ يؤدى المعنى الموضوع له بغاية الدقة . فأنواع الصلب الشديدة النشوفة يقال عنها (hard tempers) أى الأنواع الشديدة الطبع . والأنواع القليلة النشوفة يقال عنها (Low tempers) أى الأنواع الهادئة الطبع ، وقد توسعوا فى هذه التسمية حتى أعطوا لكل درجة نشوفة طبعا خاصا بها كما يتضح ذلك من الجدول الآتى الذى يبين الأنواع المختلفة للصلب مقسمة اجتهاديا إلى طرى ومتوسط وناشف ، ومبين أمام الأنواع التى تقبل التقسية منها الطبع الذى يطلق عليها .

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون من	إلى	صفات الصلب والأغراض التى يستخدم فيها
صلب طرى	٠ر٠٥	٠ر٠٧	طرى وتصنع منه الأسلاك العادية .
	٠ر٠٩	٠ر١٢	« « « « وألواح الصفيح .
	٠ر١٢	٠ر٢٥	« قابل للطرق و يعمل منه البرشام .
	٠ر١٥	٠ر١٨	« « « والحام وتعمل منه السلاسل .
	٠ر١٥	٠ر٢٥	« وتعمل منه السيقان وكذلك ألواح الكبارى والمراكب .
	٠ر١٥	٠ر١٧	« وقابل للحام وتصنع منه ألواح الصاج التى تلحم .
	٠ر١٧	٠ر٢٠	« وتصنع منه الكمرات .
	٠ر١٧	٠ر٢٥	« « « ألواح المراجل البخارية العادية .
صلب متوسط	٠ر٢٥	٠ر٣٠	متوسط وتصنع منه بعض أجزاء المحركات كأذرعة التوصيل والكرنكات .
	٠ر٣٠	٠ر٣٥	« وتصنع منه سيقان المكابس للمحركات .
	٠ر٣٠	٠ر٤٠	« « « أجزاء المدافع وبعض أجزاء قاطرات السكك الحديدية .
	٠ر٣٠	٠ر٦٠	« وتصنع منه قضبان السكك الحديدية .
	٠ر٤٠	٠ر٥٠	« « « طبانات العجلات .
طبع صلب اليايات	٠ر٤٠	٠ر٦٠	« « « اليايات الخوص .
	٠ر٥٠	٠ر٦٠	« « « « السلك .

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون	صفات الصلب والأغراض التى يستخدم فيها

الصلب الناشف

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون	صفات الصلب والأغراض التى يستخدم فيها
طبع صلب الاسطمبات	٠٫٧٥	ناشف ويقاوم الانحناء ويتحمل الضغوط العظيمة . سهل اللحام والحدادة ويصلح لصنع المطارق والجواكيش ومقاطع الحدادة التى تشتغل على الساخن وعدد البنائين ومثاقيب المناجم والمحاجر والبلط والكساتير والاسطمبات الخ .
طبع صلب المقصات	٠٫٧٨٥	ناشف سهل اللحام والحدادة ويقاوم الانحناء ويصلح للأجنات والأزاميل اليدوية وعدد القلفطة ومقاطع الحدادين التى تشتغل على البارد والمقصات وذكور القلاووظ الثقيلة الخ .
طبع صلب الأجنات	١٫٠٠٠	ناشف ويمكن لحامه مع بعض العناية . سهل الحدادة ويقاوم الصدمات ويصلح لذكورة القلاووظ عموما والبراغل الكبيرة ولقم القلاووظ الكبيرة وزنب الخارط والأجنات التى تشتغل بالهواء المضغوط واسطمبات آلات ضرب النقود والمداليات الخ .
طبع صلب السنابك	١٫١٢٥	ناشف ومتين ودقيق المسام ويمكن حدادته ولحامه مع العناية التامة وهو أصلح أنواع الصلب الناشف للاستعمال فى جميع الأغراض لكنه يصلح على الأخص لصنع المثاقيب والبراغل وبنط النجارين وسكاكين آلات الفريزة ولقم القلاووظ الصغيرة وذكورها وعدد النجارة الخ .
طبع صلب أقلام المخارط	١٫٢٥	ناشف وغير قابل للحام ويستلزم عناية كبيرة فى حدادته وتقسيته ومراجعته وهو أصلح أنواع الصلب لصنع الأقلام القاطعة للمخارط والمقاشط وآلات النقر وذكور القلاووظ ومبارد سن المناشير الخ .

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون	صفات الصلب والأغراض التى يستخدم فيها
طبع صلب الأمواس	١,٥ فأكثر	ناشف ولا يصلح للأغراض التى يتغير فيها الحمل بفأة. غير قابل للحام ويستلزم عناية تامة فى حدادته وتقسيته ومراجعته لأنه يتلف اذا زاد تسخينه عن اللازم. يصلح لصنع الأمواس وعدد الجراحة والأقلام القاطعة لمادة الفلكانيت وكذلك لصنع أجهزة سحب الأسلاك.

ويلزمنا أن نلاحظ هنا أمرين :

(أولا) أن طبع أى نوع من الصلب يمكن تغيير درجته بواسطة عمليات التقسية والمراجعة فيزداد أو يخف حسب الطلب وهذه العمليات سيرد شرحها تفصيليا فى الفصل التاسع .

(ثانيا) أن الأسماء التى أطلقت على الطباع المختلفة فى الجدول السابق ليست إلزامية فى مصانع الصلب بل كل مصنع له مطلق الحرية فى إطلاق أى اسم يشاء على درجات النشوقة المختلفة التى ينتجها . فبعض المصانع مثلا يطلق على منتجاته طبع نمرة ١ بدلا من صلب الأمواس الواردة فى الجدول وطبع نمرة ٢ بدلا من صلب أقلام المخارط وهلم جرا . فهذه الفوضى فى التسمية تؤدى بالطبع إلى الارتباك، وعلى ذلك يحسن عند طلب أى نوع من هذه الأنواع من المحلات الصانعة له تحديد الغرض الذى سيستخدم هذا النوع فيه .

كذلك يلزمنا أن نفهم من الآن أن الطبع "أى درجة النشوفة" لاعلاقة لها البتة بجودة الصنف ، لأن الطبع يتوقف فقط على نسبة الكربون المتحد مع عنصر الحديد فى الصلب ، بينما جودة الصنف تتوقف على جودة الحديد الداخل فى صناعة الصلب وخلوه من المواد الغريبة المضرة به ، فالأصناف الجيدة مثلا من صلب البوادق المسبوك تصنع من أجود أنواع الحديد الخام الخالى من الكبريت والفوسفور والزرنيخ الخ . وهذا يستدعى استخدام أنقى أنواع الحديد الغفل الكثير التكاليف . وبالجملة يمكننا أن نقول إن الطبع مقياس لدرجة نشوفة الصلب فقط بينما جودة الصنف مقياس لنقاء الصلب وطول عمره ومقدرة العدد التى تصنع منه على كثرة الإنتاج .

وقد دل الاختبار على أن طلب طبع مخصوص لكل عدة حسبما هو مبين بالجدول السابق مفيد جدا من الوجهتين الاقتصادية والإنتاجية فى المصانع الكبيرة التى تقوم بصنع العدد بالجملة لنفسها أو للبيع ، لكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للورش المتوسطة أو الصغيرة التى تستخدم الصلب الناشف فى صنع العدد والأقلام اللازمة لها فقط ، لأن وجود أنواع كثيرة بها يؤدى الى الارتباك والإسراف ، وعلى ذلك يقتصر عادة فى هذه الورش على ثلاثة أنواع أو أربعة على الأكثر ، يمكن أن تعمل منها جميع العدد اللازمة وإعطائها أية درجة نشوفة مطلوبة بطرق التقسية والمراجعة .

أثر العناصر الأخرى فى خصائص الصلب

السليكون — وآثاره غير مقطوع بها ، وان كانت على العموم شبيهة بآثار الكربون من حيث زيادتها لتماسك الصلب ، وإنقاصها من قابليته للسحب لكن بدرجة أقل من الكربون . وتكون هذه الآثار أكثر وضوحا كلما كانت

نسبة السليكون كبيرة، لكن السليكون يدخل دائما فى تركيب الصلب بنسب بسيطة لا تترك آثارا ظاهرة فيه ، ولا تحدث فيه أضرارا محسوسة . ومن مزايا السليكون أنه يساعد على عدم حصول بخبخة فى مسبوكات الصلب ، وكذلك يساعد على اختزال الأوكسجين من أوكسيد الحديد الذى قد يوجد فى الصلب . ولهذا السبب تضاف أحيانا على الصلب أثناء صنعه كمية من بعض مركبات السليكون كالسليكون الحديدى أو السليكون الحديدى المانجنيزى لمنع تكون أوكسيد الحديد المذكور .

الكبريت — ووجوده بالنسب المعتادة لا يؤثر بالكلية على خصائص الصلب من حيث المتانة وقابلية السحب ما دام الصلب باردا . لكن وجود أية كمية من الكبريت فى الصلب يحدث آثارا واضحة فيه ، فيجعله هشا على الساخن وكثيرا ما تتشقق حوافى كل الصلب لهذا السبب عند إمرارها وهى ساخنة فى آلات الجلخ . وهذا الأثر يكون ظاهرا جدا اذا قاربت نسبة الكبريت فى الصلب ١ر٠ فى المائة، وعلى ذلك لا يسمح بنسبة الكبريت أن تجاوز ٠٦ر٠ فى المائة فى صنع أنواع الصلب التى يحتمل تشكيلها وهى ساخنة . والكبريت الموجود فى الصلب قد يأتى اليه من الزهر الذى يصنع منه ، وأحيانا من الوقود المستخدم فى ذلك لكن قل أن يوجد الكبريت فى الصلب الناشف المحتوى على نسب كبيرة من الكربون، وذلك لأن الحديد الذى يصنع منه هذا الصلب يكون عادة خاليا من الكبريت ، وأيضا لأن الكربون الموجود فيه يساعد على طرد الكبريت منه .

الفوسفور — ويعتبر أكبر عدو لصانعى الصلب لا لكونه فى ذاته أكثر ضررا من الكبريت ، بل لاحتمال دخوله فى تركيب الصلب بكميات كبيرة غير مقبولة فى الغالب . والفوسفور إن وجد فى الصلب لغاية ١ر٠ فى المائة

فالظاهر أن تأثيره على متانة الصلب يكون بسيطا جدا مادامت نسبة الكربون فيه بسيطة . كذلك لا تأثير للفوسفور مطلقا على باقى خصائص الصلب وهو ساخن حتى ولو زادت نسبته الى واحد فى المائة .

لكن وجود الفوسفور فى الصلب بنسبة ١ر٠ فى المائة أو أكثر يجعله هشا على البارد، وعلى ذلك لايسمح لنسبة الفوسفور أن تتجاوز ٠٥ر٠ فى المائة أو ٠٦ر٠ فى المائة فى أنواع الصلب العادية و ٠١ر٠ فى المائة فى أنواع الصلب الناشف المحتوية على نسب كبيرة من الكربون، لأن الفوسفور يكون أكثر ضررا فى أنواع الصلب الناشف التى تزيد فيها نسب الكربون .

المانجنيز — ويدخل دون استثناء فى تركيب الصلب الطرى حيث يضاف اليه أثناء صنعه . وأثر المانجنيز فى الصلب أن يزيد فى تماسكه وقساوته وهشاشته ، وينقص من قابليته للسحب ، كما أنه يلطف كثير من الأضرار التى يحدثها وجود الكبريت والفوسفور فيه ،وتتغير نسبته تبعا للغرض الذى سيستخدم الصلب فيه ، لكنها يلزم ألا تزيد على وجه العموم عن ٠٦ر٠ فى المائة ولو أنه توجد أنواع من الصلب تبلغ فيها نسبة المانجنيز ١ر٠ فى المائة أو أكثر كما فى بعض قضبان السكك الحديدية . ووجود المانجنيز فى الصلب يزيل منه أكسيد الحديد .

الزرنيخ — ويوجد نادرا فى الصلب ، وبنسب صغيرة جدا فان بلغت هذه النسب ١ر٠ فى المائة فلا يكون لها إلا أثر بسيط فى جودة المعدن ، لكنها إن زادت عن ذلك تجعله هشا على الساخن وتضعف من قابليته للحام وإن زادت إلى ٥ر٠ فى المائة فانها تفقده قابليته للحام كلية .

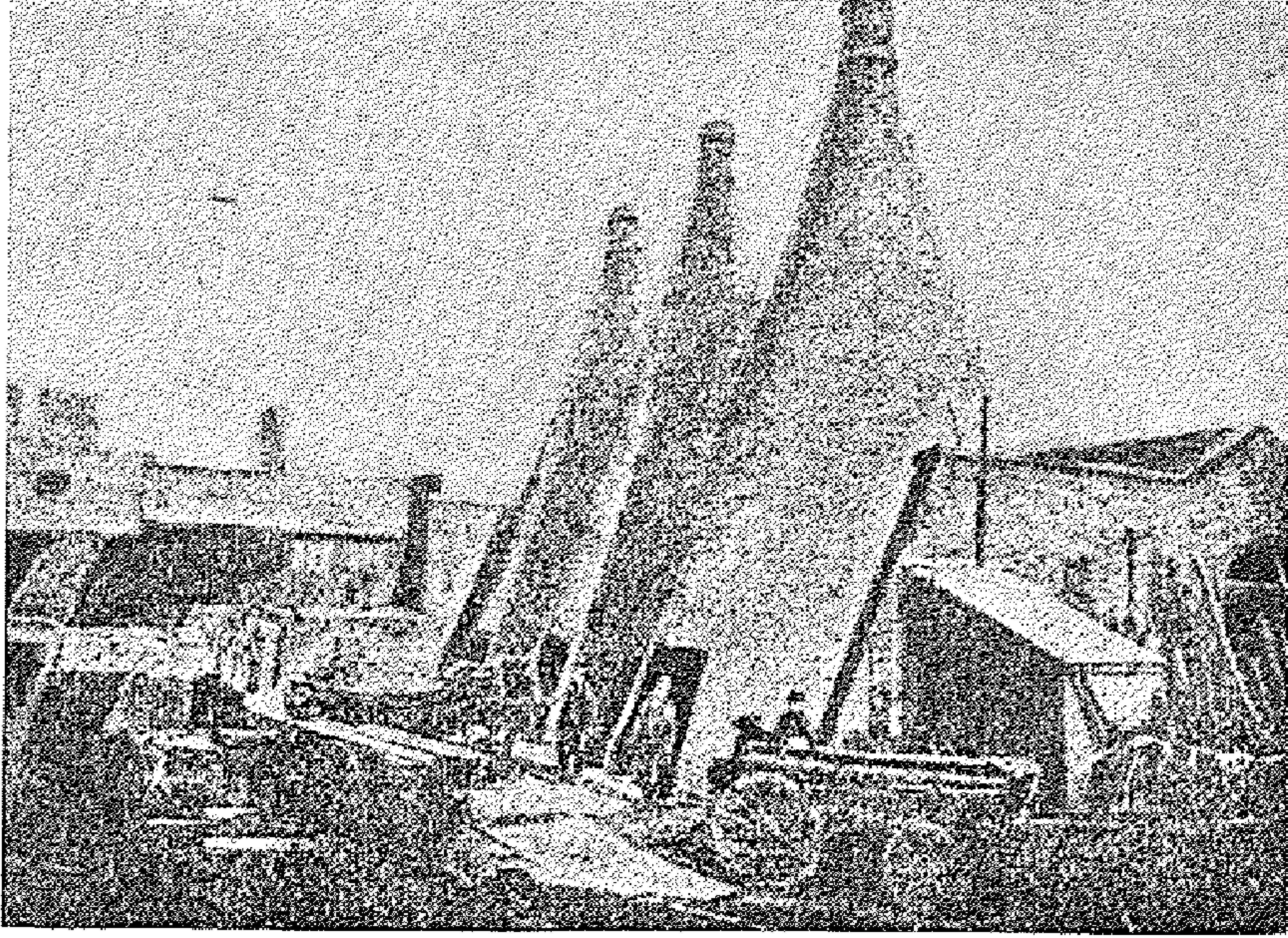
النحاس — وليس له أثر محسوس فى خصائص الصلب إلّا أنه يزيد قليلا فى قوة تماسكه .

العناصر الأخرى — وهناك عناصر أخرى مختلفة تدخل فى تركيب الصلب لكن بنسب ضئيلة لا تحدث فيه آثارا محسوسة لذلك رأينا إغفال ذكرها .

طرائق صنع الصلب — ذكرنا فى أوائل هذا الفصل أن الصلب وسط بين الحديد الخام والزهر الخام فى نسبة الكربون المحتوى عليها . ومن هذا يمكننا أن نستنتج أن الصلب إما أن يصنع من الحديد الخام بإضافة كمية من الكربون اليه ، وإما من الزهر الخام بإختزال جزء من الكربون منه . وهذا هو المتبع فعلا فى أغلب الطرائق المستخدمة لذلك فى الوقت الحاضر . فان الصلب إما أن يصنع من الحديد الخام كما فى الطريقة الأسمنتية وإما من الزهر الخام كما فى طريقتى الفرن الواطى المفتوح وبسمر بفروعها .

الطريقة السمنتية أو طريقة التصليد — وقد آثرنا استعمال الاسم الانجليزى لهذه الطريقة لتعذر إيجاد لفظ عربى يدل عليها تماما . ومعنى Cementation فى لغة "علم أستخلاص المعادن"، العملية التى يمكن بواسطتها لأى معدن أن يمتص عنصرا صلبا اذا سخن معه . وهذا هو ما يحصل تماما فى استخراج الصلب من الحديد الخام بهذه الطريقة ، فان الحديد الخام يوضع فى فرن ويحاط بمادة غنية بالكربون (وهو عنصر صلب) ثم ترفع درجة حرارة الفرن فيمتص الحديد الخام الكربون ويتحول إلى صلب وربما كان أوفق لفظ عربى يؤدى هذا المعنى هو (طريقة التصليد)

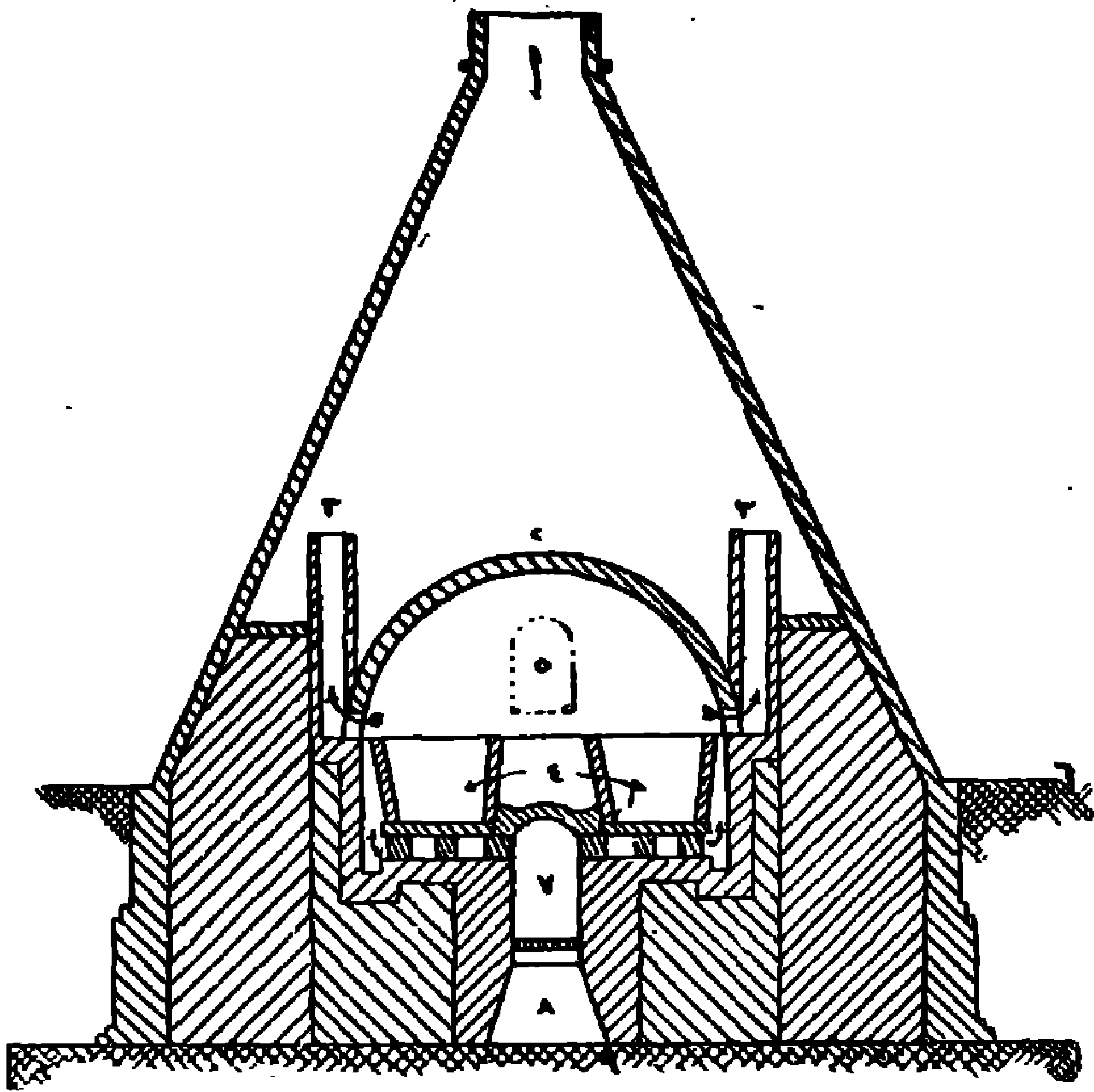
والأفران المستعملة فى هــذه الطريقة تسمى الأفران السمنتيه (أفران التصليد) وشكل (٣٢) يبين مجموعة منها .



(شكل ٣٢ — مجموعة من الأفران السمنتية "أفران التصليد")

وشكل (٣٣) يبين قطاعا طوليا لواحد منها . وقبو هذا الفرن وجدرانه الداخلية مبنية كلها بالطوب الحرارى ، وبيت النار ممتـد من وجهة الفرن الى نهايته ويوضع أعلى بيت النار على جانبيه صندوقان متوازيان يرتكزان على قوالب من الطوب ، ويكون الوضع بكيفية تسمح للهواء بحرية المرور تحت هذين الصندوقين وحولها ، وأبعاد كل من هذين الصندوقين من ١٢ — ١٥ قدما فى الطول ٤ ، ٤ أقدام فى العرض ٣ ، ٣ أقدام فى العمق . ويصنع كل منهما من ألواح من الطين الحرارى أو الحجر الحرارى تلصق بعضهـا ببعض بواسطة الطين الحرارى وتشحن فى هذين الصندوقين أسياخ الحديد الخام المطلوب تحويلها الى صلب . ويغطى الفرن جميعه عادة بالطين حتى يحتفظ بحرارته على قدر الامكان ، ويحاط جسمه بجدار خارجى ينتهى الى مدخنة

مخروطية تنفذ إليها الغازات الناتجة من احتراق الوقود عن طريق ممرات رأسية موجودة فى النهاية العليا لقبو الفرن ثم تتسرب الغازات من هذه المدخنة الى الجو . ويوجد فى واجهة الفرن باب للوقود يعلوه باب آخر متسع يسمح للعمال بالدخول الى جوف الفرن وشحن الصناديق أو تفريغها ، ويقفل



(شكل ٣٣ — قطاع طولى للفرن الأسمنتى)

(١) المدخنة (٢) القبو (٣) ممر الدخان (٤) صندوق التحويل
(٥) باب الفرن (٦) سطح الأرض (٧) بيت النار (٨) بخوة الرماد
(٩) خراسانة

الباب الأخير أثناء أشتغال الفرن بقوالب من الطوب بعد أن تترك فيه فتحة مربعة ، وتترك فتحة أخرى مثلها ومقابلة لها فى الجدار الخارجى حتى يمكن أن تسحب منها الأسياخ المطلوب تجربتها من وقت لآخر ، وتملأ الصناديق

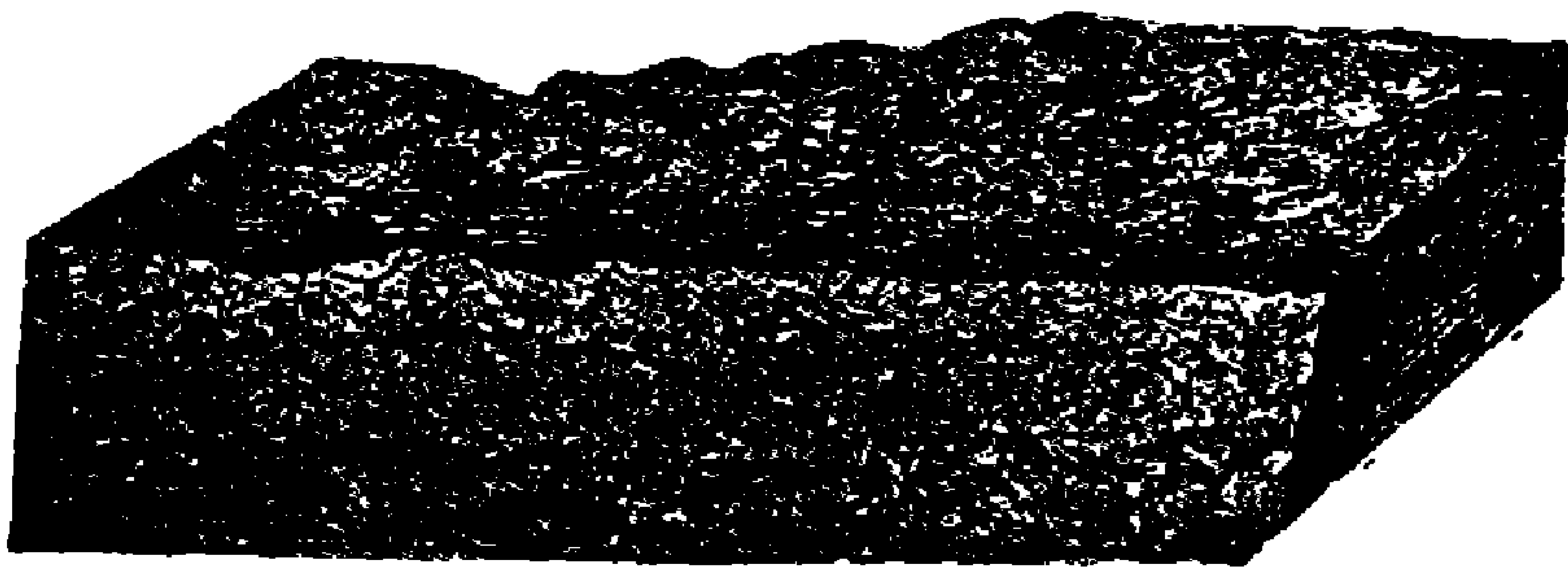
بسيقان من أجود أنواع الحديد الخام طول كل ساق منها نحو عشرة أقدام وقطاعه العرضى مستطيل ٣ × ٣/٤ بوصة وذلك بالطريقة الآتية :

يوضع أولا فى قاع الصندوق طبقة مكونة من قطع صغيرة جدا من فحم الخشب لا يزيد حجم القطعة منها عن الحمصة ، ثم توضع فوقها طبقة من سيقان الحديد بحيث يبعد كل ساق نحو نصف بوصة عن الساق المجاور له ، ويملأ الفراغ الواقع بين كل ساقين متجاورين بفحم الخشب ثم توضع طبقة أخرى من الفحم . وبعدها طبقة من الأسياخ ثم يتكرر وضع هذه الطبقات على التعاقب حتى يمتلئ الصندوق بشرط أن تكون الطبقة العليا من فحم الخشب . ويؤتى بعد ذلك بمسحوق التجليخ[1] المتجمع من المواد التى تتطاير أثناء تجليخ الصلب على أحجار الجلخ أو أحجار المسن ، وتوضع أعلى الصندوق لتمنع نفاذ الهواء الى سيقان الحديد الخام لأن هذا المسحوق ينصهر قليلا أثناء عملية التحويل فى الفرن ويستحيل الى جسم صلب ، فيصير بمثابة غطاء للصندوق قاطع للهواء . ويراعى عند ملء الصندوق أن تُترك أطراف بعض سيقان الحديد الخام بارزة من فتحات معدة لذلك فى جوانب الصندوق حتى يمكن سحب أحد هذه السيقان من وقت لآخر أثناء اشتعال الفرن بعد سد فتحته بالطين الحرارى . والساق المسحوب يترك حتى يبرد ثم يكسر ويفحص مكسره لمعرفة الى أى حد وصلت عملية التحويل . ويلزم أن تكون الصناديق قاطعة تماما لهواء، لأن الهواء إن نفذ الى جوفها يؤكسد

---

(١) هذا المسحوق يحصل عليه عادة من أحواض أحجار الجلخ أو أحجار المسن . فعند ما تسن الأقلام الصلب على هذه الأحجار يختلط مسحوق الصلب الذى يتطاير من الأقلام مع مسحوق السليكا الذى ينفصل عن حجر الجلخ أو حجر السن ونظرا لحرارة التى تتولد أثناء عملية التجليخ أو السن فان بعض مسحوق الصلب يتأكسد وعلى ذلك فسحوق التجليخ هو مركب مكون من الصلب وأوكسيد الحديد والسليكا .

سطح الحديد الخام و يتلفه ، وعند ما يتم ملء الصناديق توقد النار فى الفرن فترتفع درجة حرارته تدريجيا ، .ففى ظرف ٢٤ ساعة ترتفع الحرارة لدرجة الاحمرار البسيط ثم فى ظرف ٥٠ ساعة تصل الحرارة الى الدرجة البيضاء (من ١٢٠٠° — ١٣٠٠°) مئوية وهى الدرجة اللازمة لتحويل الحديد الى صلب ، فيحافظ على هذه الدرجة مدة تختلف من ٤ إلى ٨ إلى ١٠ أيام أو أكثر قليلا تبعا لجودة الحديد الخام المستعمل ونوع الصلب المطلوب استخراجه منه . فاذا ما تم ذلك تترك النار حتى تنطفئ ببطء من تلقاء نفسها ، فيبرد الفرن تدريجيا وذلك يستغرق نحو أسبوع . ثم تسحب السيقان منها بعد أن تكون قد امتصت ما يلزمها من الكربون واستحالت من حديد إلى صلب . وهذه السيقان التى كانت فى الأصل حديدا خاما ذا مقاومة عظيمة للثنى والالتواء تصير — بعد استحالتها الى صلب — هشة ويملأ سطحها الخارجى بما يشبه الجرب أو الفقاقيع ولذلك اصطلحوا فى البلاد الانجليزية على تسمية هذا الصلب باسم الصلب ذى الفقاقيع ، لكننا نستحسن أن نطلق عليه اسم "الصلب الأجرب" وشكل (٣٤) يبين منظر هذا الصلب . ومع أن



(شكل ٣٤ — الصلب الأجرب)

السيقان التى تكون أقرب الى بيت النار أثناء عملية التحويل تمتص كمية من الكربون أكثر من غيرها إلّا أن قلب جميع السيقان يظل حديدا خاما ، لأن

الكربون لم يتمكن من النفاذ اليه . وعلى ذلك فالصلب المستخرج بهذه الطريقة يكون صلبا من الخارج وحديدا خاما من الباطن، هذا فضلا عن هشاشية وتبلور مقطعه وعدم تجانسه وعدم انتظام توزيع الكربون فيه . فلتلافى هذه العيوب تجرى على الصلب المذكور إحدى العمليتين الآتيتين :

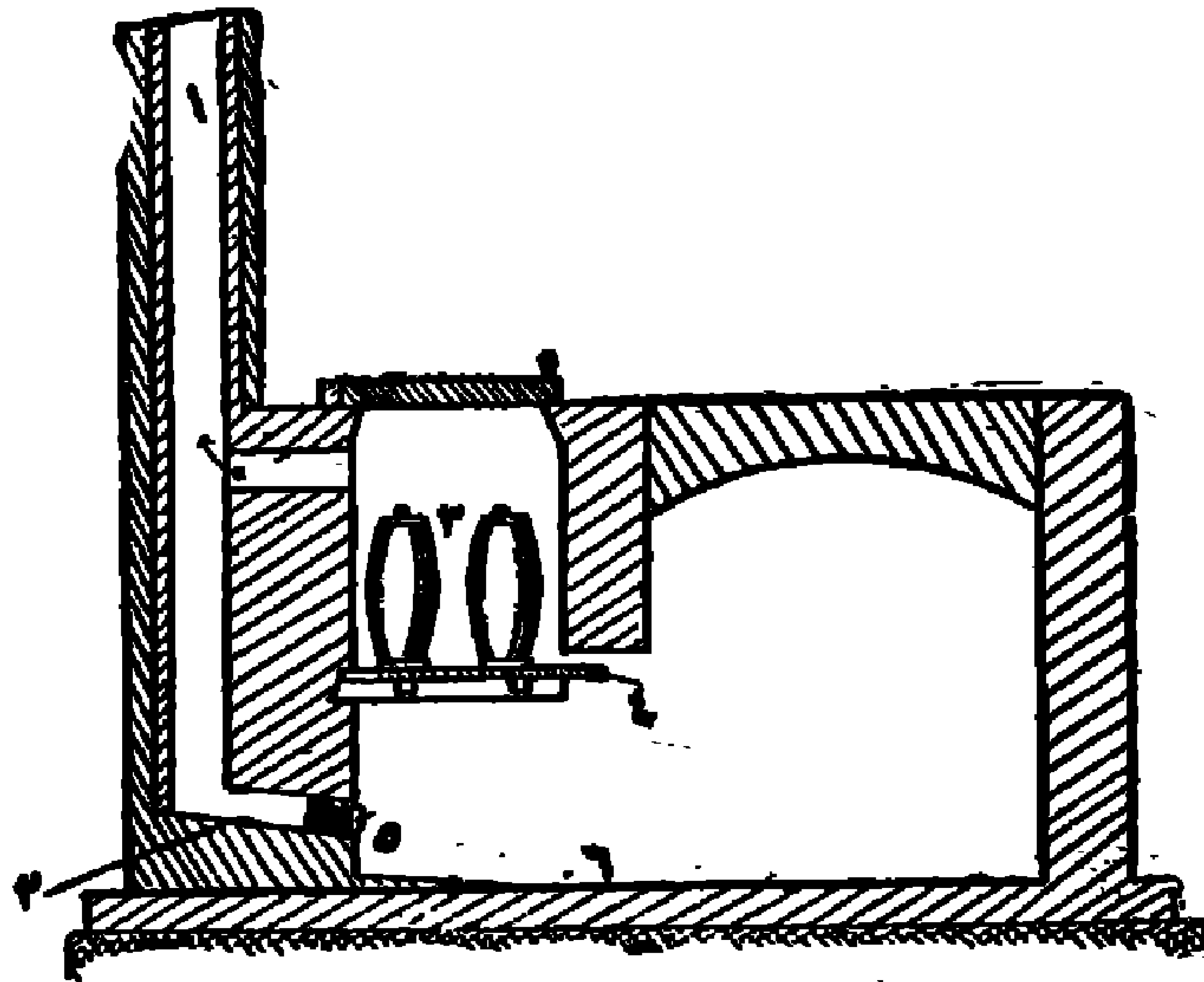
العملية الأولى — وتتلخص فى قطع أو قص الصلب الأجرب الى قطع طول الواحدة منها نحو ١٨ بوصة ، ثم تؤخذ كل ستة منها وتضم بعضها الى بعض على شكل حزمة ، وتربط بأسلاك من صلب ، ثم توضع فى فرن تشبه فرن التقليب وترفع حرارتها الى درجة اللحام ، وتطرق بقوة تحت المطارق الآلية حتى تلتحم أجزاؤها ، وبعد ذلك توضع فى آلة الجلخ فتتحول الى سيقان متينة متجانسة خالية من الجرب ، وتسمى هذه السيقان بالصلب المقصوص ، وهى مع ذلك ليست صلبا صرفا بل هى خليط من الصلب والحديد الخام أكثر اندماجا وتجانسا من الصلب الأجرب . أما اذا أريد الحصول على سيقان أكثر تجانسا وأشد نشوفة من الصلب المقصوص فتقطع سيقان هذا الصلب أو تقص الى قطع صغيرة ثم تؤخذ كل قطعتين منها وتحزم إحداهما مع الأخرى وتوضع الحزم فى الفرن السابق الاشارة إليه، وترفع حرارتها الى درجة اللحام ثم تطرق بالمطارق وتوضع تحت آلات الجلخ، فالسيقان الناتجة من ذلك تسمى بالصلب المزدوج القص .

وبما أنه يخشى أثناء عملية التسخين من تأكسد السيقان لذلك يغطى سطح الصناديق عادة بالطين أو بمسحوق التجليخ الذى من طبيعته أن ينصهر من شدة الحرارة فيكسوها بطبقة مانعة للتأكسد .

العملية الثانية — وتتلخص فى صهر الصلب الأجرب فى بوادق خاصة وإعادة صبه فى قوالب . وليس هناك أقوى من عملية الصهر على إزالة

العيوب وإيجاد التجانس ، وعلى ذلك فالصلب الناتج من عملية الصهر هو أحسن أنواع الصلب التاشف الكربونى وأشدها تجانسا وأصلحها لصنع الأدوات القاطعة كالسكاكين ومشارط الطب وأقلام المخارط والمقاشط الخ ، وكذلك لصنع الزنبركات الدقيقة مثل زنبركات الساعات والفونوغرافات وما شاكلها ويعرف هذا الصلب باسم " صلب البوادق المسبوك " تمييزا له من الأنواع الأخرى من الصلب المسبوك المستخرج بطريقة بسمر أو الفرن الواطى المفتوح وتفاصيل هذه العملية كما يأتى :

صلب البوادق المسبوك — يؤخذ الصلب الأجرب ويكسر الى قطع صغيرة ، ثم يوضع فى بوادق صغيرة الحجم مصنوعة من خليط مركب من أنواع مختلفة من الطين الحرارى والجرافيت ، وتغطى هذه البوادق بأغطية من الطين الحرارى ثم توضع كل منها من أفران الصهر على قرص من الطين الحرارى أيضا . وشكل (٣٥) يبين قطاعا رأسيا لفرن من هذا الطراز به جملة مواقد يوضع فى كل موقد منها زوج من البوادق ، ويملأ باقى فراغ



(شكل ٣٥)

(١) المدخنة (٢) مجرى الهواء (٣) البوادق
(٤) المصبعات (٥) سدادة الهواء (٦) علبة الرماد

الموقد بفحم الكوك ثم يوقد الفحم . وتنظم درجة حرارة الفرن بواسطة سدادة (٥) من الطوب موضوعة فى فوهة الممر السفلى للمدخنة (٢) فاذا ماسدت الفوهة بهذه السدادة اضطر تيار الهواء الآتى الى الفرن أن يأخذ طريقه الى المدخنة خلال المصبعات (الباظ) (٤) والموقد فيحترق الفحم بشدة وترتفع درجة حرارة الفرن . أما اذا رفعت السدادة فان أغلب تيار الهواء يسلك الى المدخنة مباشرة عن طريق الممر السفلى (٢) دون أن يمر بالموقد فيحترق الفحم ببطء وتنخفض درجة حرارة الفرن تبعا لذلك . وعند مايتم انصهار الصلب يضاف اليه وهو فى البوادق أحد مركبات المانجنيز الذى يتحلل و يعطى الصلب جزءا من مانجنيزه فيحسن نوعه كثيرا ، و بعد ذلك ترفع البوادق من المواقد بواسطة ملاقيط وتزال الأوساخ من على وجهها ويصب الصلب فى قوالب مصنوعة من الزهر [١] . ويمنع الصلب من الالتصاق بهذه القوالب بتعريض جدرانها الى الدخان الناتج من احتراق قطران الفحم فتكسى هذه الجدران من الداخل بطبقة من الهباب تحول دون الالتصاق .

والحكم على درجة الحرارة التى يتحتم عندها صب الصلب فى القوالب يستلزم خبرة تامة لأن الصلب المحتوى على نسبة قليلة من الكربون يلزم صبه على درجة حرارة عالية عقب الانصهار مباشرة . أما الصلب الذى يحتوى فى الأصل على نسبة من الكربون أكثر مما يجب أن تكون فيه بعد الصهر فيلزم تقليل كمية الكربون التى فيه قبل إخراجه من الفرن ، وذلك بتركه بعد انصهاره مدة معينة داخل المواقد حتى يصل الى حالة الهدوء ، وعندها يستخرج ويصب فى القوالب ، لأنه اذا صب وهو فى حالة الغليان فانه يصير إسفنجيا

(١) القوالب الكبيرة تسع محتويات عدة بوادق دفعة واحدة .

(مبخبخا) بعد تجمده ، أما اذا ترك الصلب مدة أكثر مما يلزم فى الفرن فانه يصبح هشا لامتصاصه جزءا من السليكون الداخل فى تركيب البوادق .

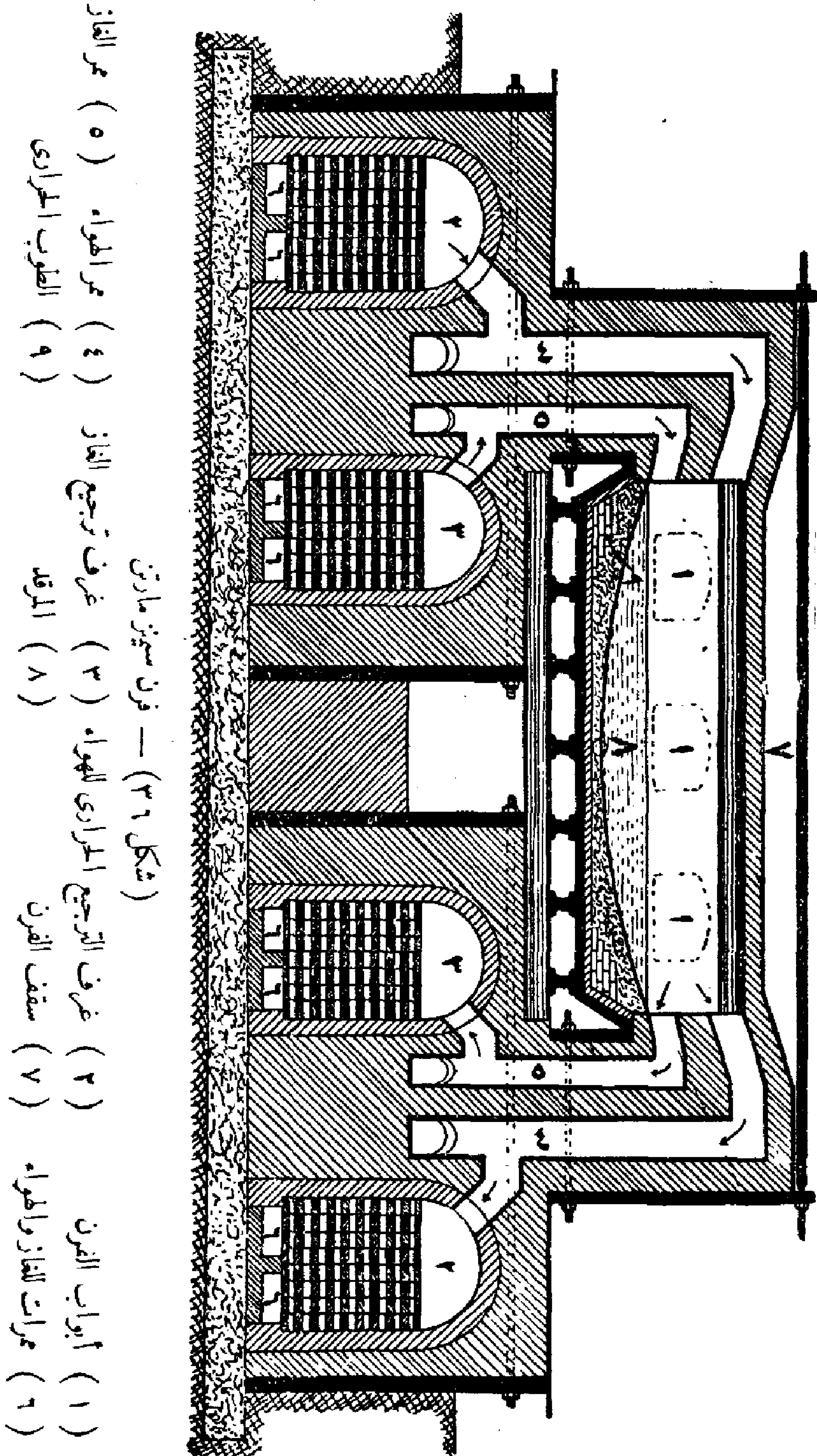
ويمكن الاستعاضة عن الصلب الأجرب بالحديد الخام فى هـذه العملية فيوضع الأخير فى البوادق ويضاف عليه جزء من الفحم النباتى أو أحد مركبات الحديد والفحم ، وتجرى عليه نفس العملية السابق شرحها . لكن الصلب الناتج يكون أقل كثيرا فى جودته من الصنف المصنوع من الصلب الأجرب.

طريقة الفرن الواطئ المفتوح — وتسمى أيضا طريقة سيمنز مارتن :

وتشمل جميع العمليات التى تجرى فى فرن سيمنز شكل (٣٦) والوقود المستعمل فيهـا هو غاز المحضرات الذى يحضر من فحم الإنتراسيت أو الغاز الطبيعى الذى يتفجر من ينابيع طبيعية فى باطن الأرض .

وشكل (٣٦) يبين قطاعا طوليا لفرن من هـذا الطراز وهو يشتغل على طريقة الترجيع الحرارى السابق شرحها فى مسخنات الهواء المستعملة مع الأفران العالية . ويبنى الفرن جميعه من الطوب الحرارى ، ويقوى بألواح من الصاج الصلب وبالكمرات ، وتمسك أجزاء الفرن بعضها ببعض بواسطة شدادات من الحديد أو الصلب . ويقوم بناء الفرن على أربعة عيون مقبية ، العينان (٢) منها للهواء و (٣) للغاز . وهذه العيون الأربعة تشتغل بمثابة غرف للترجيع ، وتملأ بالطوب الحـرارى بحيث يترك فراغ بين كل طوبة ومجاورتها كى يتمكن الهواء أو الغاز من حرية المرور خلالها ، وتتصل هـذه العيون بممرات داخل جدران الفرن ينفذ منهـا الهواء أو الغاز إلى العيون "٤ و ٥" عن طريق أبواب معدة لذلك فى النهايات العليا للممرات . ويوجد داخل الفرن مرقد "٨" مجوف يبطن فرشه إما بمـادة حامضية وإما بمـادة

قاعدية تبعا لتركيب الزهر الخام المطلوب تحويله إلى صلب كما سيبين ذلك بعـد . أما فجوات الغبار وتقع أسفل "٤ و ٥" فموضوعة لغرض جمع الغبار



شكل (٣٦) — فرن سيمنز مارتن

(١) أبواب الفرن (٢) غرف الترجيع الحرارى للهواء (٣) غرف ترجيع الغاز (٤) ممر الهواء (٥) ممر الغاز
(٦) ممرات الغاز والهواء (٧) سقف الفرن (٨) الرقد (٩) الطوب الحرارى

(وأحيانا الخبث) الذى يقذفه الفرن أثناء اشتغاله لأنه لو ترك هـذا الغبار حتى يصل إلى المرجعات فانه يسد الفتحات البسيطة الواقعة بين قوالبها .

وعند إشتغال الفرن يأتى الغاز من موارده (المحضرات أو الينابيع الطبيعية) عن طريق قناة فى باطن الأرض إلى قاع مرجع الغاز فيتخلله ثم يسلك منه إلى الممر فسطح المرقد ، ويرد الهواء عن طريق قناة أخرى فى باطن الأرض إلى مرجع الهواء ومنه إلى الممر فسطح المرقد .

وأقبية الهواء وممراته وأبوابه منفصلة انفصالا تاما عن أقبية الغاز وممراته وأبوابه بحيث لايختلط الاثنان إلّا فوق سطح المرقد حيث يحصل الالتهاب. وأبواب الغاز والهواء منحدرة إلى الداخل ، وهـذا الإنحدار يساعد على توجيه اللهب إلى المعدن المطلوب صهره .

فاذا فرضنا أن الغاز والهواء يدخلان الفرن من الجانب الأيسر فان الغازات الناتجة من الإلتهاب فوق المرقد تخرج من الممرات الواقعة فى الجانب الأيمن للفرن وتمر بالمرجعات فى طريقها إلى المدخنة . ونظرا لأرتفاع درجة حرارة هذه الغازات فانها تسخن المرجعات أثناء مرورها بها . والأسهم الموجودة الشكل تبين الطريق الذى يسلكه الهواء والغاز منذ دخولها الفرن قبل الإلتهاب حتى خروجهما منه بعد الألتهاب. فاذا ما استمر الهواء والغاز فى المرور بهذا الاتجاه نحو عشرين دقيقة مثلا فان المرجعات الواقعة على الجانب الأيمن تسخن جدا وعندئذ ينعكس اتجاه الغـاز والهواء بواسطة صمامات خاصـة فيدخلان من الجانب الأيمن للفرن ويمران بالمرجعات المرتفعة الحرارة فيساعد ذلك على التهاب الغـاز بشدة عند اختلاطه بالهواء داخل غرفة المرقد ثم تخرج الغازات الملتهبة من الجانب الأيسر للفرن .

فمن هذا يرى أن الصمامات ينعكس وضعهامن وقت لآخر ، وأنه ينتج عن انعكاسها تسخين وتبريد مرجعات الغاز والهواء من الجانبين على التوالى. وكل مرة تنعكس فيها الصمامات تزداد حرارة الفرن حتى تصل إلى درجة يمكن عندها انصهار المعدن . أما سقف غرفة المرقد فإنه مصنوع على شكل قبو منخفض فيعكس اللهب على المعدن ويساعد على صهره . انظر شكل (٣٦) .

وبما أن هيكل الفرن يتمدد عند اشتغاله وارتفاع حرارته وينكمش عند إخراج الصلب وبرودة الفرن ، لذلك أعدت صواميل فى أطراف الشدادات تفك قليلا عند التمدد وتربط عند الأنكماش .

وطريقة الفرن الواطئ المفتوح إما أن تكون حامضية واما قاعدية تبعا لتركيب الزهر المطلوب تحويله إلى صلب . ففى الطريقة الحامضية يبطن فرش المرقد بمادة حامضية كالرمل وفى الطريقة القاعدية يبطن الفرش بمادة قاعدية كالجير . وتستعمل الطريقة الحامضية فى تحويل الزهر الخام المحتوى من الأصل على نسبة قليلة من الفوسفور . أما اذا كان الزهر الخام محتويا من الأصل على نسبة متوسطة من الفوسفور فإن الطريقة التى تستخدم فى تحويله هى القاعدية وذلك للأسباب التى ستذكر بالتفصيل عند شرح كل طريقة من هاتين الطريقتين .

طريقة الفرن الواطئ المفتوح الحامضية — يبطن فرش المرقد فى هذه الطريقة بخليط من الرمل بعضه أبيض يحتوى على نحو ٩٨,٥ فى المائة من السليكا ولا ينصهر عند درجة حرارة الفرن ويوجد بكثرة فى بلجيكا . والبعض الآخر من الجانستر الذى ينصهر فى حرارة الفرن فيساعد بانصهاره على تماسك أجزاء الرمل بعضها ببعض .

وفرش المرقد مبنى بالطوب الحرارى ، فترش فوقه طبقة رقيقة من الخليط الرملى تنصهر قليلا عند ارتفاع حرارة الفرن وتلتصق بطوب الفرش ثم تكرر عملية وضع الطبقات الرملية الرقيقة حتى تتكون منها بطانة سميكة متماسكة . ثم يؤتى بعد ذلك بخبث حامضى و يوضع فوق البطانة الرملية ويحرك على سطحها حتى يصبح هذا السطح زجاجيا لامعا ، وعندها يستخرج الخبث ، و يوضع بدلا منه شحنة صغيرة من الزهر الخام ، ثم يلقى فوقها كمية من خردة الصلب أو خردة الحديد أو الاثنين معا ، و يحاذر أثناء وضعها من سقوط القطع الرقيقة منها على سطح البطانة الرملية أو جوانبها لأنها تتأكسد بسرعة وتسبب خدوشا فى البطانة فتتلفها . ثم تكرر عملية الشحن بهذه الطريقة تدريجيا حتى يمتلأ الفرن بشحنته الكاملة ولا يتم ذلك إلّا بعد أن يكون الفرن قد اشتغل مدة ثلاثة أو أربعة أيام كاملة ، ويستمر الفرن فى العمل ليلا ونهارا دون انقطاع ولا يوقف إلّا إذا دعا الأمر إلى إجراء بعض تصليحات به . وهذا الشغل المستمر قد يستديم من شهرين ونصف إلى ثلاثة أشهر .

والشحنة الكاملة تختلف من خمسة أطنان إلى أربعين طنا تبعا لحجم الفرن ، وتتكون مبدئيا من الزهر الخام وخردة الحديد أو الصلب أو الاثنين معا كما سبق بيانه ، ثم يضاف اليها بعد انصهارها كمية من الحديد الغفل الغنى بالأوكسجين ، وعند ماتقرب عملية التحويل من الانتهاء يضاف إلى الشحنة كمية من الحديد المانجنيزى أو الأسبيجل تبعا لنوع الصلب المطلوب استخراجه طريا كان أم ناشفا .

والزهر الخام الذى يستعمل فى الطريقة الحامضية يلزم أن يكون محتويا على نسبة قليلة جدا من الفوسفور . والجدول الآتى يبين العناصر الغريبة التى يحتوى عليها نوع من الزهر الجيد الذى يستعمل فى هذه الطريقة :

العنصر	النسبة المئوية
كربون	٣٫٥٠
سليكون...	٢٫٠٠
فوسفور...	٠٫٠٥
كبريت...	٠٫٠٥
مانجنيز	٠٫٧٨

ونظرا لأن الفوسفور وكذلك الكبريت لا يقل مقدارهما أثناء عملية التحويل فى الطريقة الحامضية ، بل بالعكس يزداد هذا المقدار قليلا لأن الزهر الخام وهو منصهر يمتص كمية من الفوسفور والكبريت الداخلة فى تركيب الحديد الغفل والمانجنيز الحديدى والاسبيجل [1] لذلك يلزم ألا يحتوى الزهر الخام

(١) الاسبيجل ويسمى بالانجليزية Spiegel or Spiegeleiser هو نوع مصقول من الحديد الغفل يحتوى على مانجنيز من ٣٫٥ — ٣٠ فى المائة وعلى ٥ فى المائة من الكربون فان نقصت نسبة المانجنيز فيه عن ٦ فى المائة فانه لا يصلح لصناعة الصلب . أما المانجنيز الحديدى فهو مركب أهم عناصره الحديد والمانجنيز والجدول الآتى يبين تركيب نوع من الاسبيجل وآخر من المانجنيز الحديدى :

المركبات	الاسبيجل	المانجنيز الحديدى
كربون	٥٫٠٠	٢٫٣٠
مانجنيز	١٥٫٠٠	٧٧٫٠٠
سليكون	٥٫٨٠	٠٫٨٠
كبريت	٠٫٠٢	٠٫٠١
فوسفور	٠٫١٠	٠٫١٠
حديد	٧٩٫٠٨	١٥٫٧٩
الجملة ...	١٠٠٫٠٠	١٠٠٫٠٠

ملحوظة :

الاسبيجل يمكن استخراجه الآن صناعيا بواسطة أفران عالية بطريقة شبيهة باستخراج الزهر الخام ويمكن أن يحتوى على نسبة مختلفة من المانجنيز قد تبلغ ٣٠ فى المائة .

وكذلك يمكن استخراج المانجنيز الحديدى بطريقة مشابهة وقد تبلغ نسبة المانجنيز فيه الى ٨٥ فى المائة .

المستعمل فى هذه الطريقة على أكثر من ٠,٥ فى المائة من كل من هذين العنصرين .

والتفاعل الكيميائى الذى يحصل داخل الفرن أثناء عملية التحويل يتم فى ثلاثة أدوار كما يأتى :

الدور الأول — وفيه تتصهر الشحنة المعدنية المكونة من الزهر الخام وخردة الحديد أو الصلب ، وفى خلال هذا الدور يتأكسد نحو نصف السليكون وثلث المانجنيز الموجودين فى الشحنة .

الدور الثانى — وفيه تضاف الى الشحنة المبدئية كمية من الحديد الغفل الغنى بالأوكسجين كالهماتيت المحتوى على ٧٠ إلى ٨٠ فى المائة من أوكسيد الحديد فينتج عن هذه الاضافة تأكسد أغلب السليكون والمانجنيز الباقيين من الدور الأول ، وكذلك تأكسد جزء من الكربون الموجود فى الشحنة .

الدور الثالث — وفيه يتحول باقى الكربون الموجود فى الشحنة الى أول أوكسيد الكربون بتفاعله مع أوكسجين الهماتيت ويتصاعد أول أوكسيد الكربون من سطح المعدن المنصهر فيجعل السطح مضطربا كأنه فى حالة غليان وفى نهاية هذا الدور يوضع داخل المرقد وبجوار أبوابه كميه من الحديد الغفل الغنى بالكربون والسليكون وتترك فى هذا الموضع حتى ترتفع درجة حرارتها ثم تدفع الى قلب المعدن المنصهر وتقلب فيه بسرعة فتتفاعل معه وتضع حدا لغليانه . وعندئذ تضاف الى المعدن المنصهر كمية من الاسبيجل ان كان الصلب المطلوب استخراجه متوسطا أو ناشفا . ثم يستخرج المعدن المنصهر من الفرن عقب ذلك مباشرة ويستقبل فى أوعية معدنية كبيرة تسمى

ملاعق[١] تنقله الى حفرة القوالب[٢] . أما اذا كان الصلب المطلوب استخراجه طريا فتضاف اليه كمية من المـانجنيز الحديدى قبل إخراجه من الفرن وأثناء استقباله فى الملاعق بعد اخراجه .

وقبل استخراج الصلب المنصهر من الفرن تؤخذ منه عينة فى ملعقة من الحديد وتبرد وتطرق على شكل خوصة ثم تكسر ، ومن منظر مكسرها يمكن الحكم تقريبا على نوع الصلب ونسبة الكربون الموجودة فيه . أما اذا أريد معرفة نسبة الكربون على وجه التحقيق فان العينة تفحص كيميائيا بطريقة الاختبار اللونى .

---

(١) الملاعق المستعملة فى طريقة الفرن المفتوح سواء أكانت حمضية أم قاعدية هى أوانى معدنية ضخمة مبطنة بمادة حرارية وتكفى الواحدة منها لأستقبال شحنة الفرن بأكملها ولهـا ثقب فى قاعها يقفل بسدادة وتنقل هذه الملاعق على خطوط حديدية مارة أعلى حفرة القوالب المرصوصة فيها فتفتح السدادة الموجودة فى قاع الملعقة فتصب محتوياتها فى القوالب .

(٢) قوالب الصب المستعملة فى طريقة الفرن المفتوح أو طريقة بسمر هى دوارق معدنية تختلف فى سعتها من ٥ قناطير الى ٧ أطنان تبعا لنوع الشكل المطلوب عمله من الصلب . وقطاعها اما أن يكون مربعا واما مستطيلا واما على شكل مسدس . وقطاعها من أعلى أضيق من قطاعها من أسفل ليسهل رفعها بعد تجمد الصلب . أما قوالب الصب التى تستخدم فى صنع الألواح اللازمة لتصفيح المراكب الحربية فأكبر من ذلك بكثير وقد يسع الواحد منها من ٨٠ إلى ١٠٠ طن وشكله شبيه بلوحة .

والجدول الآتى يبين التغير الكيميائى الذى يطرأ على نوع من الصلب الطرى فى الأدوار المختلفة التى يمر بها أثناء عملية التحويل بهذه الطريقة .

المركبات	التركيب				
	زهر خام وصلب خردة	عند الانصهار	عند بدء الغليان	قبل اضافة المانجنيز الحديدى	الصلب الطرى المستخرج
فوسفور	٠٫٠٥	٠٫٠٥	٠٫٠٥١	٠٫٠٥١	٠٫٠٥٢
كربون	٢٫٩٠	٢٫٧٠	٢٫٥٠٠	٠٫١٠٠	٠٫١٩٠
سليكون	١٫٦٠	٠٫٩٠	٠٫٥٠٠	٠٫٠٢٠	٠٫٠٢٠
مانجنيز	٠٫٧٠	٠٫٥٠	٠٫١٠٠	لا شىء	٠٫٥٥٠
حديد	٩٤٫٧٠	٩٥٫٨٠	٩٩٫٨٩٦	٩٩٫٧٧٦	٩٩٫١٣٤
المجموع ...	٩٩٫٩٥	٩٩٫٩٥	٩٩٫٩٤٧	٩٩٫٩٤٧	٩٩٫٩٤٦

أما الأدوار التى يلعبها الأسبيجل والمانجنيز الحديدى فى صناعة الصلب فهى :

(١) انهما يختزلان الأوكسيجين من المعدن المصهور .

(٢) انهما يعطيان جزءا من كربونهما الى المعدن المصهور بقدر معين لتحويله الى النوع المطلوب من الصلب .

(٣) انهما يعطيان جزءا من مانجنيزهما الى الصلب المطلوب فيخففان من الأضرار التى تصيبه من جراء وجود الكبريت والفوسفور فيه .

أما السبب فى كون إضافة الإسبيجل تعطى صلبا متوسطا أو ناشفا بينما إضافة المانجنيز الحديدى تعطى صلبا طريا فيتضح بسهولة عند الرجوع الى

جدول تركب هاتين المادتين اذ يرى من هذا الجدول أن نسبة الكربون الى المانجنيز فى الأسبيجل هى الثلث تقريبا بينما هذه النسبة فى المانجنيز الحديدى $\frac{١}{١٢}$ تقريبا .

وبما أن كمية المانجنيز المطلوب اضافتها الى المعدن المنصهر واحدة فى الحالتين فاضافة الأسبيجل تعطى كمية من الكربون تبلغ نحو أربعة أضعاف ما يعطيه المانجنيز الحديدى ، وعلى ذلك يكون الصلب الناتج من إضافة الأسبيجل أكثر فى كربونه ونشوفته من الصلب الناتج من اضافة المانجنيز الحديدى .

الخبث الناتج من الطريقة الحامضية — هذا الخبث يكون دائما طافيا على وجه الصلب المصهور أثناء وجوده فى المرقد ، فعندما ينتهى استخراج الصلب المصهور واستقباله فى الملاعق لا يتبقى بعد ذلك فى الفرن غير الخبث ، وعندئذ تنقل الملعقة ويسمح للخبث بالسقوط من نفس الفتحة الى الأرض أو الى قوالب مخصوصة . ووزن هذا الخبث يعادل تقريبا من ١٢ — ١٤ فى المائة من وزن شحنة الفرن . ويستخدم على الأخص فى رصف الطرق وخطوط السكك الحديدية .

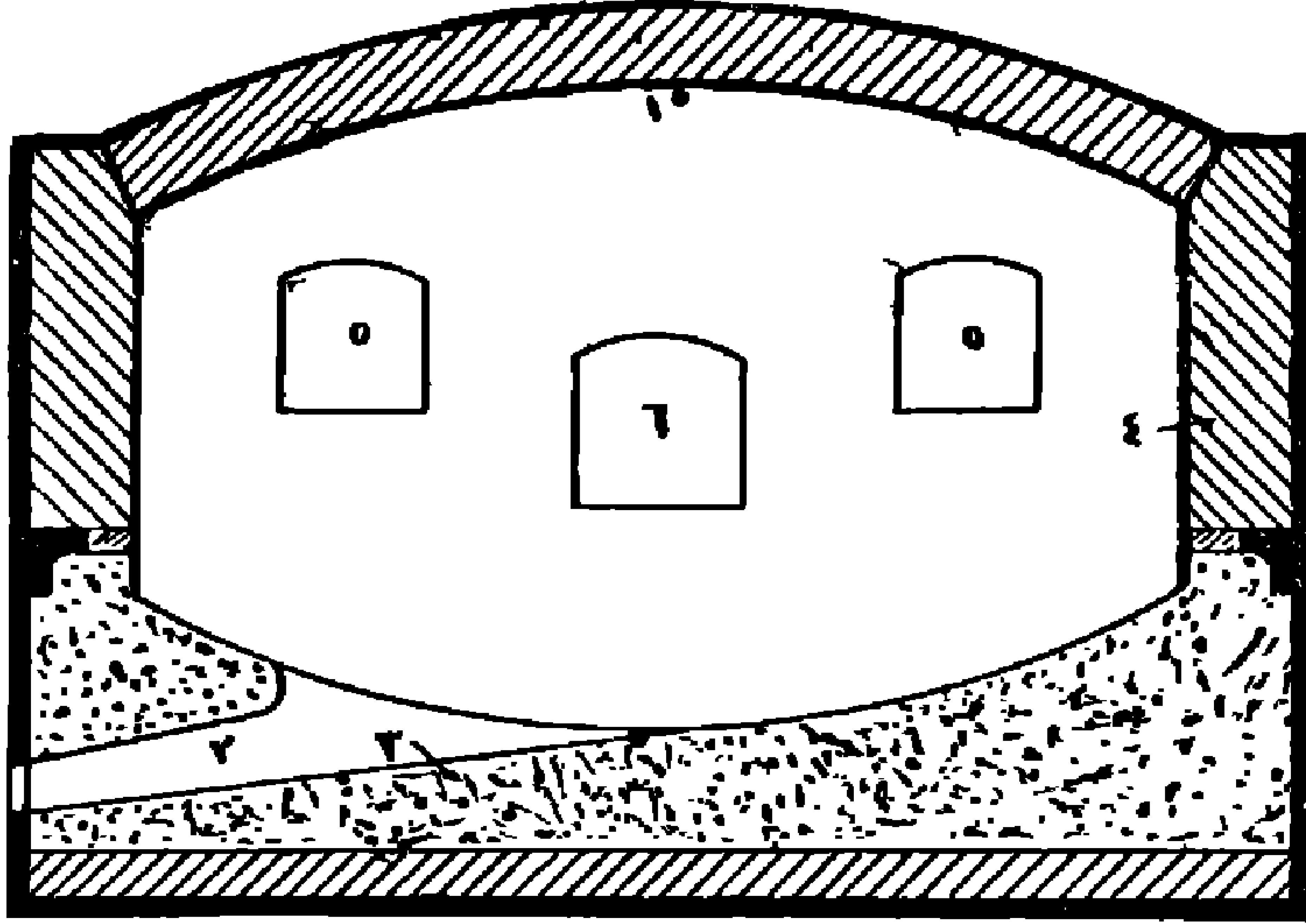
طريقة الفرن الواطئ المفتوح القاعدية — وهى تشبه الطريقة الحامضية من جميع الوجوه ولا تختلف عنها إلا فى كون بطانة فرش المرقد تصنع من مادة قاعدية وأن الشحنة يضاف عليها بعض المواد القاعدية أيضا . والزهر الخام الذى يستخدم فى هذه الطريقة هو الذى يحتوى على نسبة متوسطة من الفوسفور تكون أكثر مما يمكن استئصاله بالطريقة الحمضية وأقل مما يلزم بطريقة بسمر القاعدية التى سيرد ذكرها فيما بعد .

والسبب الأساسى فى تبطين فرش المرقد بمادة قاعدية هو أن المواد القاعدية التى تضاف على الشحنة لأستئصال الفوسفور منها تتفاعل مع البطانة ان كانت حمضية فتتلفها ، لكنها لا تتفاعل معها ان كانت قاعدية . والمواد القاعدية التى تستعمل فى هذه الطريقة هى : الدولوميت ، والماجنزيت ، ثم حجر الجير المضاف اليه قليل من القطران . واختيار أى نوع من هذه الأنواع الثلاثة يتوقف على أيها يكون أكثر توافرا وأقل تكاليفا فى مناطق صناعة الصلب .

وكيفية تبطين فرش المرقد بالمادة القاعدية هى تماما ككيفية تبطينه بالرمل فى الطريقة الحمضية . لكن نظرا لكون المواد القاعدية تتكلس بسهولة من تأثير الحرارة لذلك لا يعمل منها غير بطانة فرش المرقد . أما جدرانه وسقفه فتبنى بالطوب الرملى وتتخذ الإحتياطات الكافية لعدم تمكين المواد القاعدية من التفاعل كيميائيا مع هذا الطوب . وشكل (٣٧) يبين مرقد فرن سيمنز والإحتياطات التى تتخذ فيه لمنع التفاعل بين المواد القاعدية والطوب الرملى (يوضع طبقة عازلة بينهما) .

شحنة الفرن — الزهر الخام المستعمل فى هذه الطريقة تكون نسبة الفوسفور فيه متوسطة ونسبة الكبريت فيه قليلة جدا لعدم امكان استئصالها منه أثناء عملية التحويل ، وهذا الزهر الخام يحتوى تقريبا على نحو ١,٧٥ فى المائة من الفوسفور ومثلها من المانجنيز و ٣,٥ فى المائة من الكربون ولا تزيد نسبة السليكون والكبريت فيه عن واحد فى المائة للأولى و ٠,٠٦ فى المائة للثانى .

وتتألف الشحنة المبدئية من الزهر الخام المذكور مختلطا بكمية من خردة الحديد أو الصلب بنسبة ٢٥ إلى ٣٠ فى المائة فاذا ما انصهرت الشحنة يضاف اليها كمية من الجير وكمية من الحديد الغفل الغنى بالأوكسجين .



(شكل ٣٧ — تبطين الفرن بالمادة القاعدية)

(١) سقف الفرن المقبي
(٢) خروج المعدن
(٣) المواد القاعدية
(٤) طوب رملى
(٥) حارة الهواء
(٦) « الغاز

وبعد ذلك تضاف اليها كميات قليلة من الجير من وقت لآخر . وعند انتهاء العملية يضاف إلى المعدن المنصهر كمية من المانجنيز الحديدى أو الاسبيجل كما فى الطريقة الحامضية تماما .

الخبث الناتج من الطريقة القاعدية — يحتوى هذا الخبث على نسبة كبيرة من الحامض الفوسفورى والجير تجعله صالحا جدا كسباخ لبعض الأراضى وعلى ذلك يصحن على شكل مسحوق يباع فى السوق سمادا .

المقـارنة بين الصلب الحامضى والصلب القاعدى — يختلف الصلب الحامضى عن القاعدى فى النقط المبينة بالجدول الآتى :

صلب حامضى	صلب قاعدى
بطانة المرقد من مادة حامضية أخصها الرمل .	بطانة المرقد من مادة قلوية .
الزهر الخام المستعمل به قليل من الفوسفور .	الزهر الخام المستعمل به نسبة متوسطة من الفسفور .
الخردة المستعملة بها قليل من الفوسفور .	الخردة المستعملة فوسفورية .
الحديد الغفل المستعمل هو الهماتيت .	الحـــديد الغفل المستعمل يحتوى على فوسفور وقليل من السليكا .
لايستأصل الفوسفور فى هذه الطريقة .	يستأصل الفوسفور .
الخبث الناتج لا يصلح سباخا .	الخبث الناتج يصلح سباخا جيدا .

ومن عيوب الطريقة القاعدية أنه لا يمكن بواسطتها استخراج أنواع جيدة من الصلب الناشف (أى المحتوى على نسبة عالية من الكربون) . والسبب فى ذلك أن بعض الفوسفور يرتد إلى المعدن المنصهر وهو فى الفرن وقت إضافة المـانجنيز الحديدى أو الإسبيجل فينقص من جودته . وسبق أن ذكرنا فى أوائل هــذا الفصل أن وجود ٠٫٠٣ فى المـائة من الفوسفور فى الصلب يجعله غير صالح لأن تصنع منه الأقلام القاطعة التى تعمل عادة من الصلب الناشف .

ومن عيوبها أيضا أن أنواع الصلب المتوسط المستخرج بواسطتها أقل انسجاما فى حبيباتها من أمثالها المستخرجة بواســطة الطريقة الحامضية ، ولا يمكن رؤية ذلك إلا بالفحص الميكروسكوبى .

وعلى العموم فالصلب المستخرج بالطريقة القاعدية أرخص من الصلب المستخرج بالطريقة الحامضية ، ويستعمل بكثرة فى أمريكا وبلجيكا وألمانيا ، لكن المصانع الإنجليزية تعتقد أن الصلب القاعدى وإن كان يصلح لأغراض عدة إلا أنه يقصر عن إدراك شأو الصلب الحامضى فى قوة الاحتمال لاسيما فى طبانات العجلات ، والزوايا ، والمطروقات ، وصلب اليايات ، وحتى فى قضبان السكك الحديدية وعلى ذلك فالصلب الحامضى يفضل الصلب القاعدى فى هذه المصنوعات وأيضا فى مقاومته للتعب [1] .

طريقة بسمر — تتأسس نظرية بسمر على أنه اذا مر تيار من الهواء خلال المعدن المنصهر (الزهر) فان أوكسجينه يتحد مع العناصر الداخلة فى تركيب المعدن . وبديهى أن هذا الاتحاد يخضع لشراهة تلك العناصر للأوكسجين ، فمثلا يتحد الأوكسجين بالكربون مكونا ثانى أوكسيد الكربون كذلك بالسليكون مكونا سليكا تطفو على وجه المعدن المنصهر خبثا وهكذا ، ويمكن تلخيص الفرق بين طريقتى بسمر والفرن الواطئ المفتوح فيما يلى :

(ا) فى طريقة بسمر يحول الزهر الخام المنصهر المحضر إما من الأفران العالية فى المصانع الكبيرة وإما من تماسيح الزهر المنصهرة فى الدسوت فى المصانع الصغيرة فى وعاء يعرف باسم محول بسمر ، بينما فى طريقة الفرن المفتوح توضع تماسيح الزهر فى أفران سيمنز لتحويلها .

---

(١) التعب هو اصطلاح فى علم مقاومة المواد وضع للدلالة على الوهن الذى يصيب أعضاء المنشئات الهندسية من جراء تغير المجهود عليها باستمرار من ضغط وبالعكس ويؤدى فى النهاية الى شد أو انكسار هذه الأعضاء .

(ب) العامل المؤكسد فى طريقة بسمر هو تيار شديد من الهواء تضغطه طلمبات خاصة خلال المعدن المنصهر، بينما يستعمل الحديد الغفل الغنى بالأوكسجين كعامل مؤكسد فى الطريقة الثانية .

(ج) فى طريقة بسمر تكفى الحرارة المتولدة من احتراق المواد القابلة للاحتراق والداخلة فى تركيب الزهر الخام كالكربون والفوسفور لبقاء المعدن سائلا أثناء عملية التأكسد فيستغنى عن الوقود ، بينما تستلزم الضرورة استعمال الوقود (غاز المحضرات) فى الطريقة الثانية .

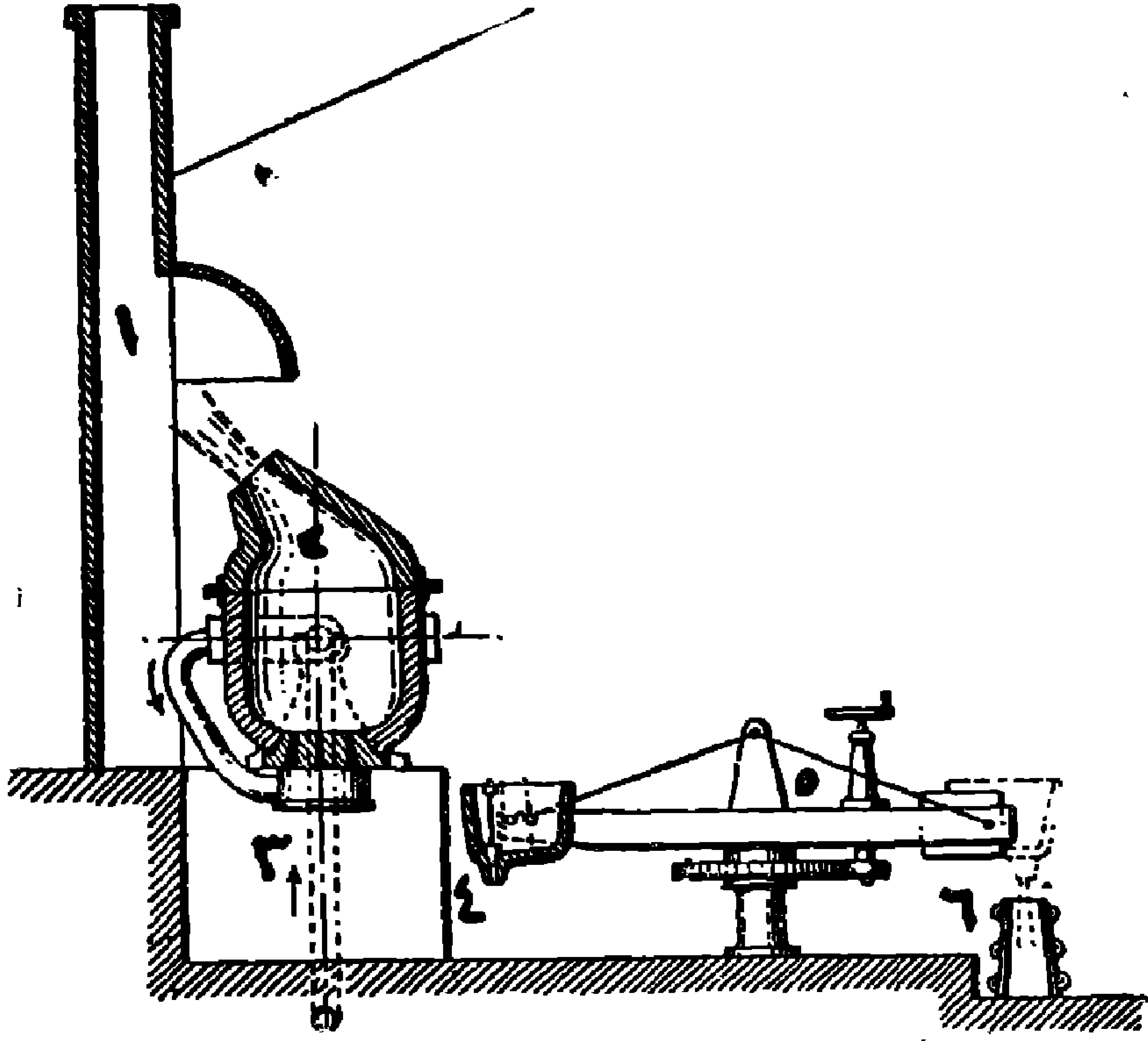
محول بسمر — شكل (٣٨) يبين محول بسمر وقت عملية التحويل وفيه (٢) إناء المحول نفسه ، (٤) الملعقة التى ينسكب فيها الصلب السائل بعد نضجه حتى اذا امتلأت أديرت الطبلية الحاملة (٧) لها كى يصب ما فيها من الصلب فى أحد القوالب (٦) المعد لذلك فى حفرة خاصة .

والمحول مبين فى شكل (٣٩) وهو إناء ضخم يشبه الكمثرى فى شكله وقد جُعل كذلك لسهولة ملئه وتفريغه ومحاط عند أوسع قطر منه بطوق من من الصلب مثبت به محوران يرتكزان على كرسيين أفقيين لحمل المحول ، وقد أحيط أحد هذين الكرسيين بسرة جوفاء متصلة بماسورة للهواء [١] تنتهى الى أسفل المحول ومنه الى الودنات ، كما تتصل السرة بماسورة أخرى تحمل الهواء من طلمبته بطريقة تسمح بتغذية المحول بالهواء فى أى وضع من أوضاعه .

---

[١] قد يعمل المحور نفسه مجوفا لحمل الهواء كما فى الشكل .

ولسهولة تحريك المحول يثبت على المحور الآخر ترس حلزونى تديره بريمة لا نهائية فيمكن بذلك ادارة المحول الى الوضع المطلوب .

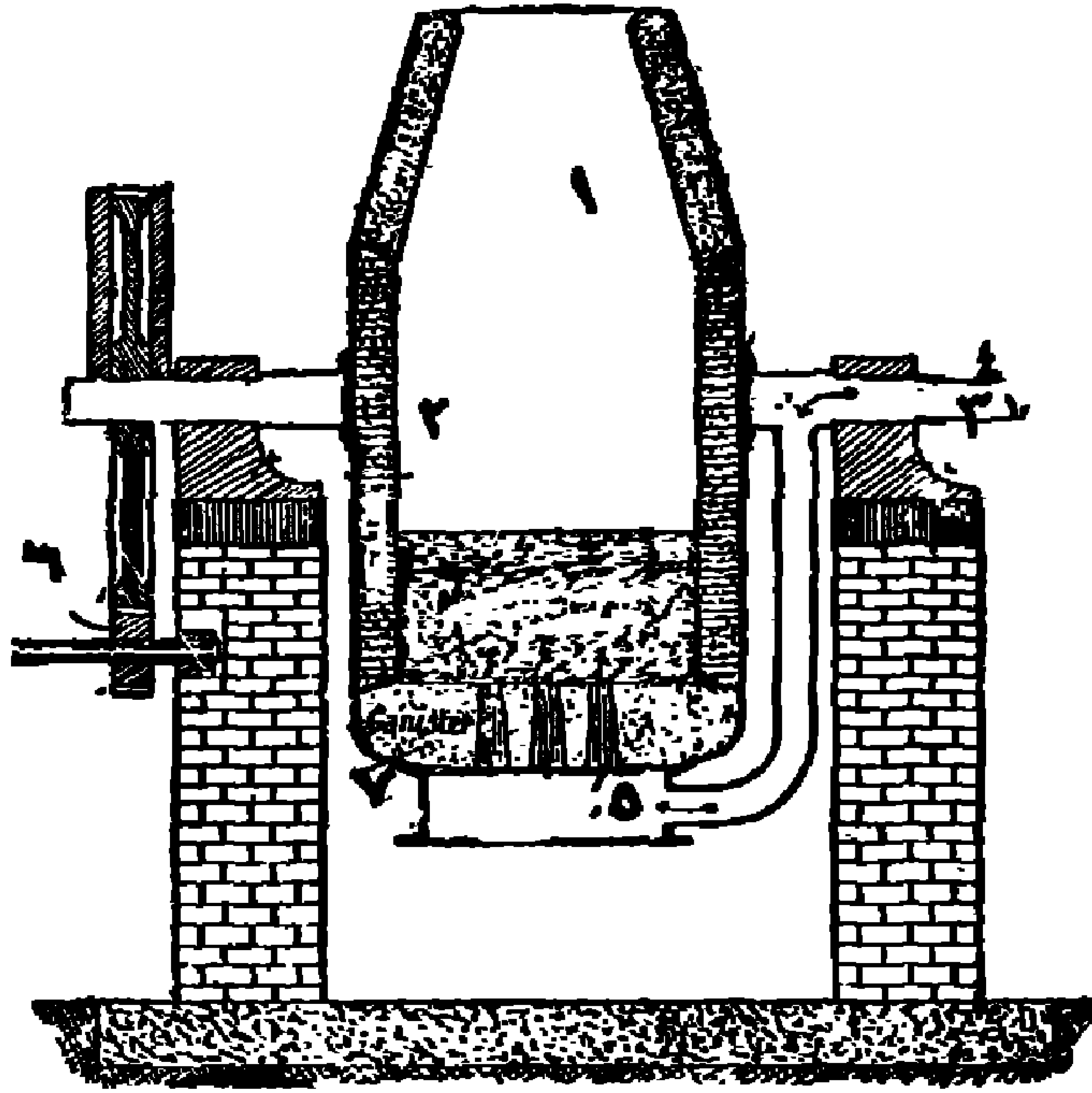


شكل ٣٨ — محول بسمر وملحقاته

(١) المدخنة	(٤) الملعقة
(٢) إناء المحول	(٥) الطبلية
(٣) ماسورة الهواء	(٦) القالب

وينقسم المحول الى ثلاثة أقسام : القاع والبدن والبرقع . ويبطن المحول من الداخل بعجينـة من المواد الحرارية بطريقة تحكم التصاقها بجوانبـه ، وتختلف المواد الداخلة فى تركيب البطـانة حسب نوع الزهر المستعمل ، وكذلك الصلب المستخرج منه . فاما إن تكون هذه البطانة حامضية و إما أن تكون قاعدية . وبعـد أن تتم عملية التبطين تجفف البطانة بلهب مناسب

خوفا من تصــدعها . وبعض المصانع الأمريكية يستعمل إناءين بالتناوب أحدهما يقوم بعمليــة التحويل بينما يبطن الثانى ويجفف توطئة للعمل ، وفى ذلك وفر كثير من الوقت إذ تتطلب عملية التحميص نحو ١٢ ساعة .

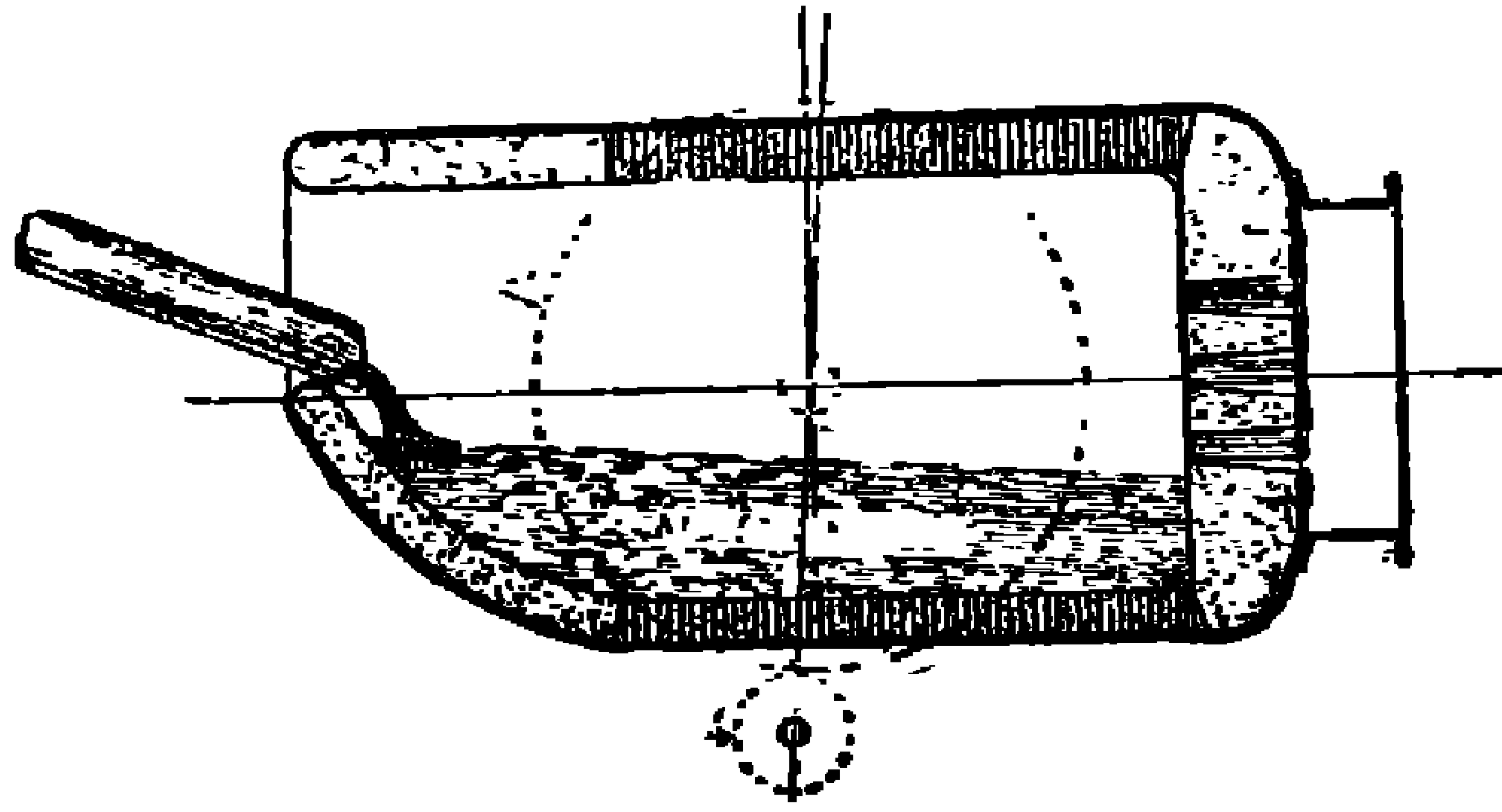


(شكل ٣٩ — محول بسمر)

(١) إناء المحول	(٥) الودنات
(٢) بطانة البدن	(٦) ترس البريمة
(٣ و ٤) الكرسى ومدخل الهواء	(٧) بطانة القاع

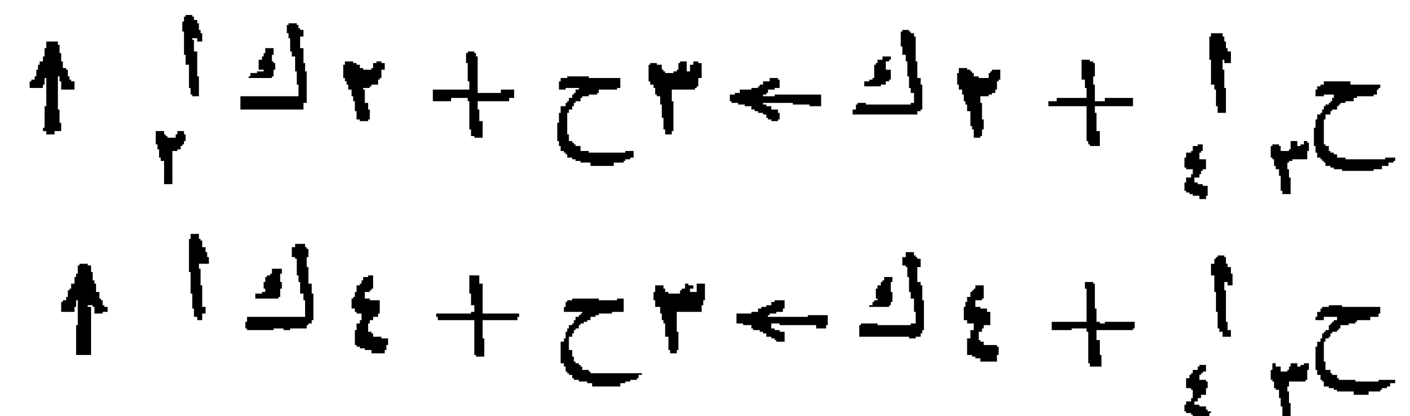
وقبل البدء فى تشغيل المحول يسخن من الداخل بايقاد نار فيه توطئة لوضع الشحنة ، وتنتخب الشحنة عادة من جملة أفران عاليــة وتوضع فى خلاط قصد إيجاد التجانس فيها . والخلاط هو وعاء ضخم مركب على محاور يمكن ادارته حولهــا لأى وضع . فاذا ما تم خلط شحنة الزهر سكبت فى ملاعق كبيرة تحمل بوسائل آليــة الى المحول حيث تصب محتوياتها فيــه ، ويدار

المحول عند شحنه الى الوضع المبين فى شكل (٤٠) فيسهل صب الزهر الخام المصهور من الملاعق فيه دون أن يصل الى الودنات. وأثناء ذلك يمنع دخول الهواء الى المحول ، فاذا ما شحن المحول فتحت محابس الهواء و يعاد المحول الى وضعه الرأسى شكل (٣٨) . و بما أن تيار الهواء يختلف ضغطه من ٢٠ — ٢٥ رطلا على البوصة المربعة فان هذا الضغط يحول دون تسرب



(شكل ٤٠ — محول بسمر عند شحنه)

المعدن الى فتحات الودنات . كما أنه يسبب حركة اضطراب شديدة فى المعدن اثناء مروره فيه . وخلال عملية التحويل يتحد أوكسجين الهواء مع الكربون مكونا ثانى أوكسيد الكربون فترتفع درجة الحرارة الناتجة عن احتراق الكربون فتقل كمية الأخير مع استمرار دخول الهواء فيتحد الكربون الباقى مع أوكسجين الهواء أو أوكسجين أوكسيد الحديد المغناطيسى الذى قد يتكون و يتفاعل مع الكربون فيحترق على هيئة أول أوكسيد الكربون كما هو ممثل بالمعادلتين الآتيتين :



ح$_{٣}$ أ$_{٤}$ + ٢ ك ← ٣ ح + ٢ ك أ$_{٢}$ ↑

ح$_{٣}$ أ$_{٤}$ + ٤ ك ← ٣ ح + ٤ ك أ ↑

و يشتعل أول أوكسيد الكربون عند فوهة المحول مكونا لهبا وضاء حاملا معه ما يتكون من أوكسيد السليكون والمانجنيز اللذين يخرجان على شكل

شرر متوهج مصحوب بدوى شديد . ويتغير طول لسان اللهب من وقت لآخر طبقاً لوجود تيار الهواء ، وكذلك يتغير لونه فيكون فى بادئ الأمر بنفسجيا ثم يصير برتقاليا فأبيض ناصعا ثم يستحيل الى أزرق فاتح ، وعندئذ يكاد يختفى لسان اللهب ويتغير صوته ، وهذا دليل على إتمام عملية التأكسد. ويمكن التحقق من ذلك بفحص لون اللهب بجهاز التحليل الطيفى (الاسبكترسكوب) .

فاذا ما تحقق تمام التأكسد يدار المحول الى الوضع الأفقى ، ويمنع عنه تيار الهواء ، وفى تلك الحالة يكون المعدن متحدا مع كمية غير قليلة من الأوكسجين يطفو على وجهه الخبث الناتج من التحويل ، فتضاف اليه كمية ساخنة من الحديد المانجنيزى أو الأسبيجل فتنصهر وتختزل الأوكسجين من المعدن وتعطيه النسبة المئوية اللازمة من الكربون فيتحول إلى صلب طرى فى الحالة الأولى أو إلى صلب متوسط أو ناشف فى الثانية . وبعد ذلك يدار المحول قليلا إلى أسفل وتسكب محتوياته فى الملعقة التى توجه إلى ما فوق حفرة القوالب حيث تزال السدادة من قاعها فيسيل الصلب منها إلى القوالب .

وتختلف سعة المحول من ١٠٠٠ رطل إلى ٢٠ طنا . والوقت اللازم لتحويل ١٠ أطنان يقرب من ٢٠ دقيقة .

ويجب أن يعتنى بانتخاب نوع الزهر المستعمل ومعرفة تركيبه ، فاذا ما احتوى على كمية من الفوسفور وجب أن تستعمل بطانة قاعدية ، وإن لم يكن كذلك فتستعمل بطانة حامضية . ولأهمية البطانة كما سترى سميت طريقة التحويل بمحول بسمر باسمها .

طريقة بسمر الحامضية — الزهر الخام المستخدم فى هذه الطريقة يلزم أن يكون محتويا على نسب قليلة من الفوسفور والكبريت ، ويشبه فى تركيبه

الزهر الخام المستعمل فى طريقة الفرن الواطىء المفتوح الحامضية ، وذلك نظرا لعدم تأكسد هذين العنصرين أثناء التحويل. وتسمح المصانع الانجليزية بكمية من الفوسفور لا تتعدى ٠,٠٦ فى المائة فى الزهر الخام المستعمل ، ويبطن داخل المحول بعجينة من المواد الصلصالية الحامضية (الرمل المعروف باسم جانستر) بسمك يبلغ ١٢ بوصة تقريبا عند البدن و ١٨ بوصة عند القاع ، وتحتوى تلك المواد غالبا على كمية من الطين الحرارى كافية لتماسكها. والطريقة المتبعة فى تبطين تلك المحولات أن يعجن الجانستر بكمية من الماء كما فى صناعة البوادق ، ثم يضغط على جوانب وقاع المحول ويصقل سطحه بفرمة من الخشب ، أو يعمل دليك من الخشب ذو حجم أقل من المحول الداخلى بقدر سمك البطانة ، ويدك الجانستر فى الفراغ الكائن بين الدليك وبدن المحول . كذلك تدك البطانة على قاع المحول مع وضع دلاليك من الخشب فى مواضع الودنات ، وفى العادة يبطن كل جزء من أجزاء المحول على حدة (القاع — البدن — البرقع) . وتجب العناية بمواضع اتصال أجزاء البطانة خصوصا بين القاع والبدن . وفائدة تلك البطانة أن يتحد السليكون الموجود بالمعدن مع المانجنيز مكونا سليكات المانجنيز حتى يقل تآكل البطانة نفسها الى أقل ما يمكن ولو أن المنتظر أن تمتص البطانة جزءا كبيرا من السليكون الموجود فى المعدن المنصهر .

وفى الطريقة الحامضية لا يختزل الكبريت أو الفوسفور بأوكسجين الهواء المختزل لأن شراهة الكبريت للحديد شديدة ، كذلك الحال بالنسبة للفوسفور فبمجرد تأكسد الثانى مع كثرة وجود السليكون فى بطانة المحول ملامسا للمعدن المنصهر فانه سرعان ما يتحلل أوكسيد الفوسفور ويتحد مع الحديد مكونا فوسفوريد وأوكسيد الحديد . والواقع أن النسبة المئوية للفوسفور

تزداد نظرا لتأكسد بعض العناصر الأخرى ، واليك مثلا بسيطا عن المفقود من مركبات عينة من الزهر فى الطريقة الحامضية توضيحا لمـا نقول :

العنصر	النسبة المئوية الموجودة منه فى الزهر	النسبة المئوية المفقودة بالتأكسد	النسبة المئوية الباقية فى الصلب
الكربون	٣٫٥٠	٣٫٤٠	٠٫١٠
السليكون	٢٫٥٠	٢٫٤٠	٠٫١٠
حديد يتحد مع سليكون البطانة	—	٩٫٦٠	—
الكبريت	٠٫٥٠	—	٠٫٥٠
الفوسفور	٠٫٦٠	—	٠٫٦٠
المـانجنيز	٠٫٠١	٠٫٠١	—

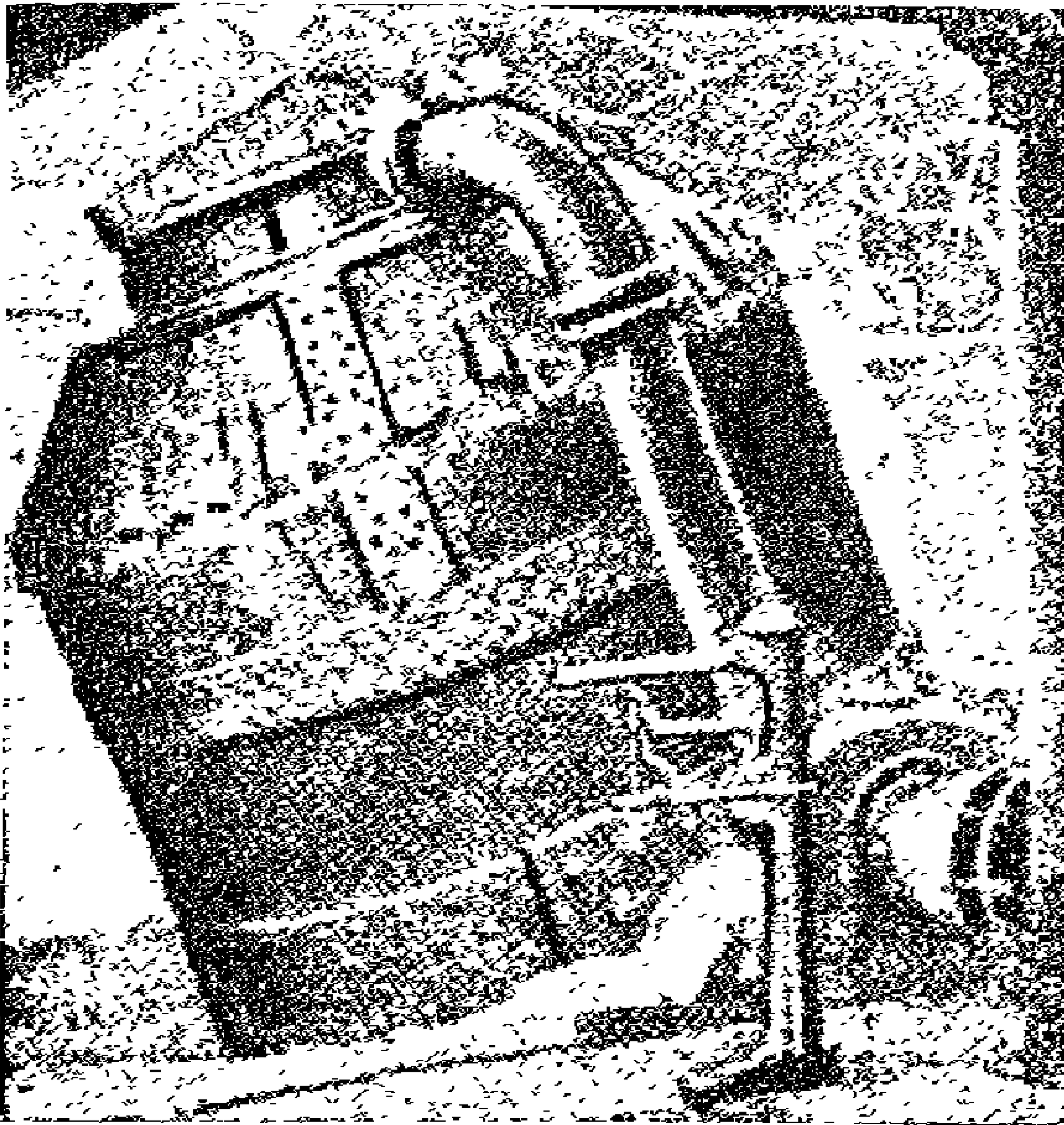
وهذه النسب أخذ وزنها الأصلى قبل التحويل .

والجدول الآتى يبين التغييرات التى تحصل فى تركيب المعدن بعد إتمـام عملية التحويل :

المركبات	النسبة المئوية للعناصر الأخرى		
	فى الزهر الخام عند وضعه فى المحول	فى الزهر الخام بعد انقطاع تيار الهواء	فى الصلب الطرى المستخرج بعد اضافة الحديد المانجنيزى
كربون	٣٫٥٠	—	٠٫٢٠٠
سليكون	٢٫٠٠	—	٠٫٠٢٠
فوسفور	٠٫٠٥	٠٫٠٥٣	٠٫٠٥٥
كبريت	٠٫٠٥	٠٫٠٥٣	٠٫٠٥٥
مانجنيز	٠٫٧٥	أثر بسيط	٠٫٥٥٠

ويرى من هذا الجدول ان نسب الفوسفور والكبريت لا تنقص فى هذه الطريقة بل بالعكس تزيد قليلا ، ويستخدم الخبث المتخلف منها فى رصف الطرق والسكك الحديدية .

طريقة بسمر القاعدية — فهمنا مما سبق فى الطريقة الحامضية أن الفوسفور والكبريت لا يمكن التخلص منهما ، لذلك رأى الكثيرون من مستخلصى المعادن إيجاد طريقة تشابه طريقة بسمر فى العمل والسرعة على التحويل . وأول من أمكنه الوصول إلى ذلك هما توماس وجلكريست (Thomas and Gilegrist) سنة ١٨٧٧ فاستعملا فى انجلترا بطانة من مواد قاعدية أهمها الحجر الجيرى المانجنيزى (الدولوميت)(١) بدلا من المواد الحامضية (الجانستر) . . ولما كان حجر الدولوميت هو كربونات الكلسيوم والمانجنيز فإنه يتحول إلى جير حجرى وجير مانجنيزى عند تسخينه لدرجة حرارة الاحمرار ، ولكليهما شراهة شديدة للماء ، لذلك أوجبت الضرورة استنباط طريقة خاصة لاستعماله بطانة لهذه المحولات . وقد استعمل توماس وجلكريست طريقة لم تزل قائمة للآن وهى : كسر الدولوميت المحروق إلى قطع صغيرة حجمها $\frac{1}{8}$ بوصة ثم مزجه بالقار المغلى الخالى



(شكل ٤١ — محول بسمر القاعدى)

(١) يوجد هذا الحجر فى البلاد المصرية بعيون موسى بجبل المقطم

من الماء[1] بنسبة تتراوح مابين ٧ — ١٢ فى المائة من وزن الدولوميت، وفى الأصقاع التى فيها يتعذر الحصول على حجر الدولوميت الطبيعى تستعمل كربونات المانجنيز. وتتبع الطريقة الآتية فى عملية تبطين المحول :

يغطى قاع المحول بطبقة من الدولوميت الممزوجة بالقار الساخن وتدك بمكاو كبيرة ساخنة ، وقد توضع دلاليك من الخشب أثناء عملية تبطين القاع لتترك حيزا لوضع ودنات الهواء المصنوعة من مواد قاعدية، لكن فى أغلب الأحوال تعمل ثقوب فى نفس بطانة القاع لإدخال الهواء بدلا من الودنات ، ويبلغ قطر هذه الثقوب ½ بوصة تقريبا ، ويختلف عددها من ٥٠ الى ٨٠ ثقبا، ويتراوح سمك البطانة من ١٥ — ١٨ بوصة . وتسهيلا فى عملية التبطين تدك طبقة بعد الأخرى حتى انه قد يبلغ عدد هذه الطبقات من ٤٠ إلى ٥٠ طبقة وبعد ذلك ينثر مسحوق مكون من الدولوميت والحديد الغفل على سطح البطانة ثم تجفف فى أفران خاصة حتى يكون المسحوق طبقة تسد مسام البطانة لتكون قاطعة للهواء . وكثيرا ما تستعمل مكابس ايدرولكية (مائية) لدك بطانة القاع. أما البدن فيبطن بمزيج القار الساخن والدولوميت بنفس الطريقة المستعملة فى الطريقة الحامضية .

وكثيرا ما يبنى بدن المحوّل من الداخل بطوب حرارى (مصنوع بطريقة الضغط المائى) وبمونة من نفس المزيج، ثم يغطى بطبقة من نفس المزيج أيضا . وبمثل هذه الطريقة الأخيرة يبطن البرقع . ويتم تبطين كل جزء على حدة ، وبعد تجفيفها فى أفران خاصة تركب أجزاء المحول استعدادا لشحنه .

وقبل البدء فى تشغيل المحول يسخن من الداخل بايقاد نار فيه ، ويوجّه إلى وضع مناسب يسهل فيه شحن المحول بمقدار معلوم من الجير الحى، ليحمى

---

(١) يغلى القار إلى درجة حرارة عالية تضمن تبخر جميع الماء الممزوج به .

البطانة من التآكل بتفاعله مع الكبريت والفوسفور ، وتصل كمية الجير الحى أحيانا إلى ٢٠ فى المائة من وزن شحنة الزهر ولو أن المعدل هو ١٥ فى المائة ، فمن ذلك يرى أن حجم المحول القاعدى أكبر من المحول الحامضى بالنسبة لإضافة الجير الحى إلى شحنة الزهر فى الأول . وشكل (٤١) يبين هذا المحول .

وبعد ذلك يكمل شحن المحول بالزهر ويسمح بدخول تيار الهواء فيه أثناء إعادته لوضعه الرأسى فيبدأ فيه التفاعل الكيميائى بحالة تشابه بالتقريب التفاعل السابق الذكر بالطريقة الحامضية ، ويقصر لسان اللهب كلما قلت كمية الكربون والسليكون الباقية فى المعدن المنصهر حتى يختفى ، ولا يؤخذ اختفاؤه دليلا على إختزال جميع العناصر الغريبة ، بل يدل ذلك الاختفاء على إختزال الكربون والسليكون فقط ، لذلك يستمر دخول الهواء ، وتؤخذ بين آونة وأخرى عينة من المعدن المنصهر تبرد فجائيا بعد طرقها ثم يختبر مكسرها للتأكد من خلوه من الفوسفور الذى يسبب كبرا فى تبلور حبيبات مكسر الصلب طالما بقى أثر الفوسفور فيه ، ويدل المكسر القطيفى للصلب على خلوه من هذا العنصر. ثم يصب الخبث من المحول بإعتناء تام ، وتضاف كمية أخرى من الجير الحى على سطح المعدن المنصهر لتجمع ما بقى من الخبث المنصهر ليزال مرة أخرى ، ثم يلقى الأسبيجل فى المعدن أثناء سبكه فى الملاعق فى الوقت الذى نتأكد فيه من خلو المعدن من الخبث وإلا تفاعل الأخير مع الأسبيجل وتسبب فى إعاده كمية من الفسفور إلى المعدن مرة أخرى .

وتتشابه التفاعلات الكيميائية فى كل من الطريقة القاعدية والحامضية ولو أن هناك فوارق ظاهرة بينهما أهمها :

(أ) يتم تأكسد كل الكربون والسليكون بعد اختفاء اللهب فى الطريقتين لكن يتم تأكسد جل الكربون والسليكون بمجرد اختفاء اللهب فى الحالة القاعدية .

(ب) يختزل معظم المانجنيز فى الطريقة الحامضية لوجود السليكون ويختزل القليل من المانجنيز فى الطريقة القاعدية لقلة وجود السليكون (يختزل المانجنيز على شكل خبث سليكات المانجنيز) .

(ج) يختزل جل الفوسفور فى الطريقة القاعدية[1] بينما لا يختزل إلّا القليل منه فى الطريقة الحامضية .

(د) يختزل القليل من الكبريت فى كل من الطريقتين .

(هـ) من الطريقة القاعدية يمكن الحصول على صلب جيد النوع من الزهر الخام المحتوى على نسبة كبيرة من الفوسفور (من ٢,٢٥ — ٣,٥ فى المائة) ونسبة قليلة جدا من السليكون (١ فى المائة على الأكثر) .

(و) من الطريقة الحامضية يمكن الحصول على صلب تصل نسبة السليكون فيه إلى ٢ فى المائة .

---

(١) ولو أن الصلب يمتص أثرا من الفسفور عند إضافة الاسبيجل .

والجدول الآتى يبين بعض التغيرات التى تحصـل فى تركيب المعدن أثناء عملية التحويل بالطريقـة القاعدية . ويستعمل خبث الطريقة القاعدية سمادا لأحتوائه على الفوسفور بعد سحقه الى مسحوق ناعم :

المركبات	التركيب		
	الزهر الخام عند دفعه فى المحول	الزهر الخام بعد انقطاع تيار الهواء	الصلب الطرى المستخرج بعد إضافة المانجنيز الحديدى
كربون	٣٫٦٠	أثر بسيط	٠٫١٨
سليكون	١٫٠٠	لاشىء	٠٫٠٢
فوسفور	٢٫٦٠	٠٫٠٤	٠٫٠٥
كبريت	٠٫٠٧	٠٫٠٥٥	٠٫٠٥٥
مانجنيز	١٫٢٠	٠٫١٣	٠٫٦٠

المقارنة بين طريقة الفرن المفتوح وطريقة بسمر :

تتلخص مزايا وعيوب كل من الطريقتين فيما يأتى :

(١) الطريقة الأولى أبطأ كثيرا من الطريقة الثانية لكنها أضمن وأضبط ويمكن بواسطتها استخراج أغلب أنواع الصلب على إختلاف درجاته بكيفية أكثر إنتظاما واستيثاقا من الطريقة الثانية .

(٢) أحسن أنواع الصلب اللازمة للمدافع والبنادق والآلات الخ تصنع بالطريقة الأولى . ومع أنه يمكن صنع صلب جيد بالطريقة الثانية الحامضية إلا أن هذه الطريقة ليست سهلة فى رقابتها ولا يمكن ضبط جودة الصلب المصنوع بواسطتها بدقة تامة .

(٣) الطريقة الثانيــة أسرع من الطريقة الأولى وعلى ذلك فهى أقدر على إنتاج كميات كبيرة من الصلب بتكاليف أقل .

(٤) الصلب اللازم للقضبان الحديدية والمراكب والكبارى الخ . يصنع عادة بطريقة بسمر ، انما يلزم فى هذه الحالة حسن اختيار نوع الزهر الخام المطلوب تحويله الى صلب .

(٥) الزهر الخام المستعمل فى صناعة الصلب يكون واحدا فى تركيبه إن كانت الطريقتان حامضيتين . لكن اذا كانت الطريقتان قاعديتين فإن الخام المستعمل فى الطريقة الأولى يكون متوسطا فى فوسفوره . والزهر الخام المستعمل فى الطريقة الثانية يكون غنيا فى هذا العنصر .

(٦) بعض المشغولات الصلبية كغلافات قنابل المدافع يلزم أن تصنع من صلب متجانس فى جودته حتى لا تنفجر قبل أوانها ، ولا يمكن ضمان ذلك إلّا اذا صنع هذا الصلب بالطريقة الأولى. لكن خلال الحرب العظمى قد أمكن صنع كمية محدودة من هذه الغلافات بطريقة بسمر الحامضية إنما لم يتيسر عملها بتاتا بطريقة بسمر القاعدية .

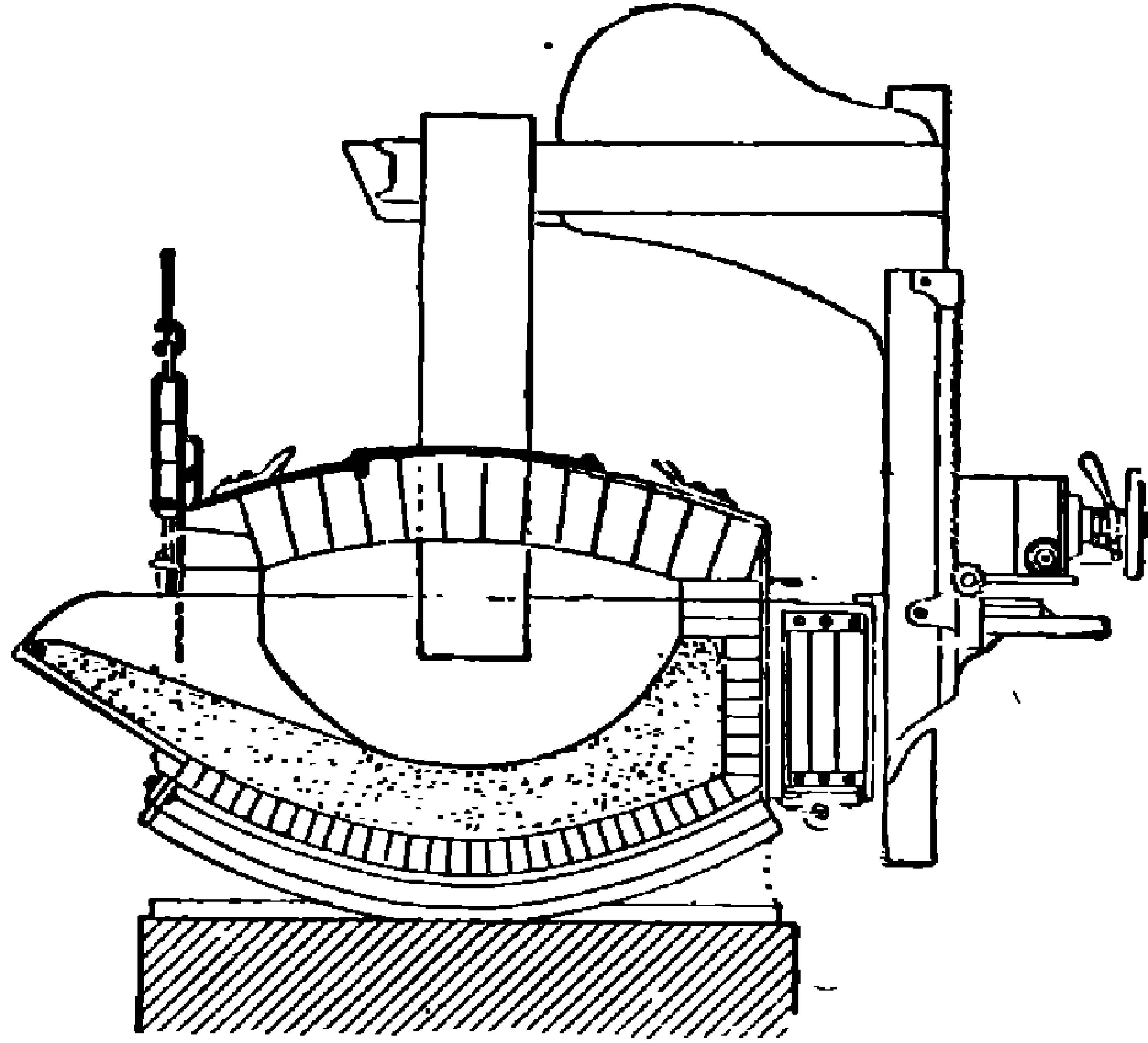
صلب بسمر السويدى — ويصنع فى بلاد السويد . وهو أجود كثيرا من صلب بسمر الانجليزى ويقرب فى جودته من صلب البوادق المسبوك ، لكنه أقل منه ثمنا ، وعلى ذلك يستعاض به عن صلب البوادق المسبوك فى عمل العدد الرخيصة كالعتلات والخوابير ومثاقيب المحاجر والمناجم وكثير من عدد الحدادة. لكن قل أن يستعمل هذا الصلب فى العدد القاطعة الدقيقة.

استخراج الصلب بالطرائق الكهربائية :

فكر الكثيرون فى استخراج الصلب بالطرائق الكهربائية وبذلوا مجهودات غير قليلة فى إخراج هذه الفكرة إلى حيز الوجود، لكن الى عهد قريب لم تعدُ

هذه المجهودات دور التجربة ، وكانت كلها ترمى إلى صهر الزهر الخردة المخلوط بالحديد الغفل فى مرقد فرن من النوع الواطئ المفتوح ، واستخدام الكهرباء كمصدر للحرارة بدلا من غاز المحضرات المستخدم فى هـذا النوع من الأفران .

ففى طريقة هيرو (Herault) المبنية فى شكلى (٤٢ و٤٣) الفرن المستخدم هو فرن صغير من النوع الواطئ المفتوح يمكن تحريكه وإمالته عـند اللزوم وينفذ من سقفه قطبان (عمودان) من الكربون ويحيط بكل منهما قميص

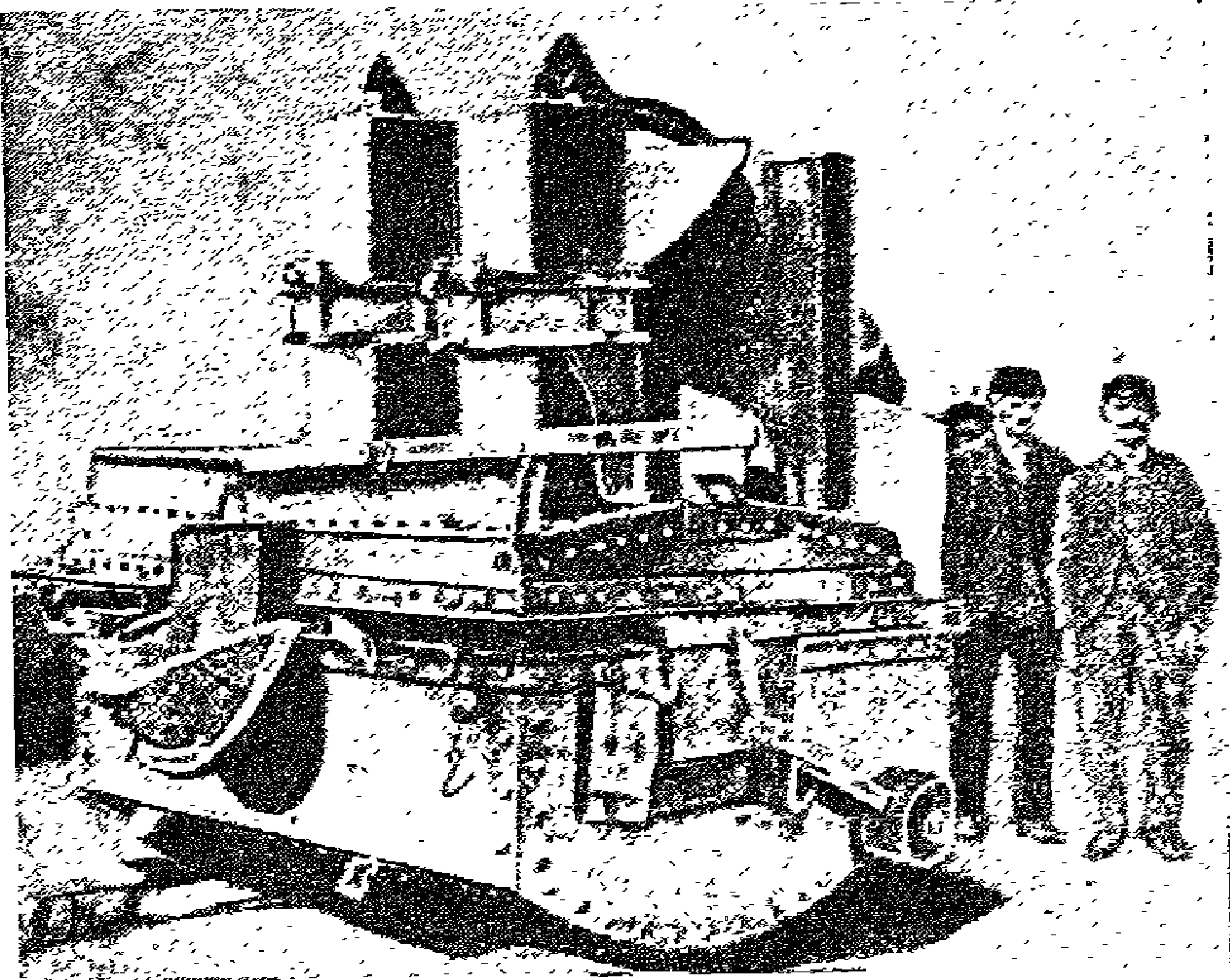


(شكل ٤٢ — فرن هيرو)

مائى ويمكن تحريك كل منهما قريبا أو بعيدا عن سطح المعدن . فعند ما تلامس نهايتا القطبين سطح المعدن يمر التيار الكهربائى من أحدهما للآخر مخترقا المعدن ، وبمجرد رفع القطبين قليلا يحدث قوسان كهربائيان يتسبب عنهما صهر المعدن ، وتبلغ سعة الفرن نحو أربعة أطنان .

والتيار المستخدم فيها ٤٠٠٠ أمبير ، ١١٠ فولت .

والواقع أن هذه الأفران لا تعتبر أفرانا منتجة للصلب بأوسع معانى الكلمة، إذ هى أكثر ملاءمة لصهره وتكريره . وأهم متاعبها سرعة تآكل الأقطاب



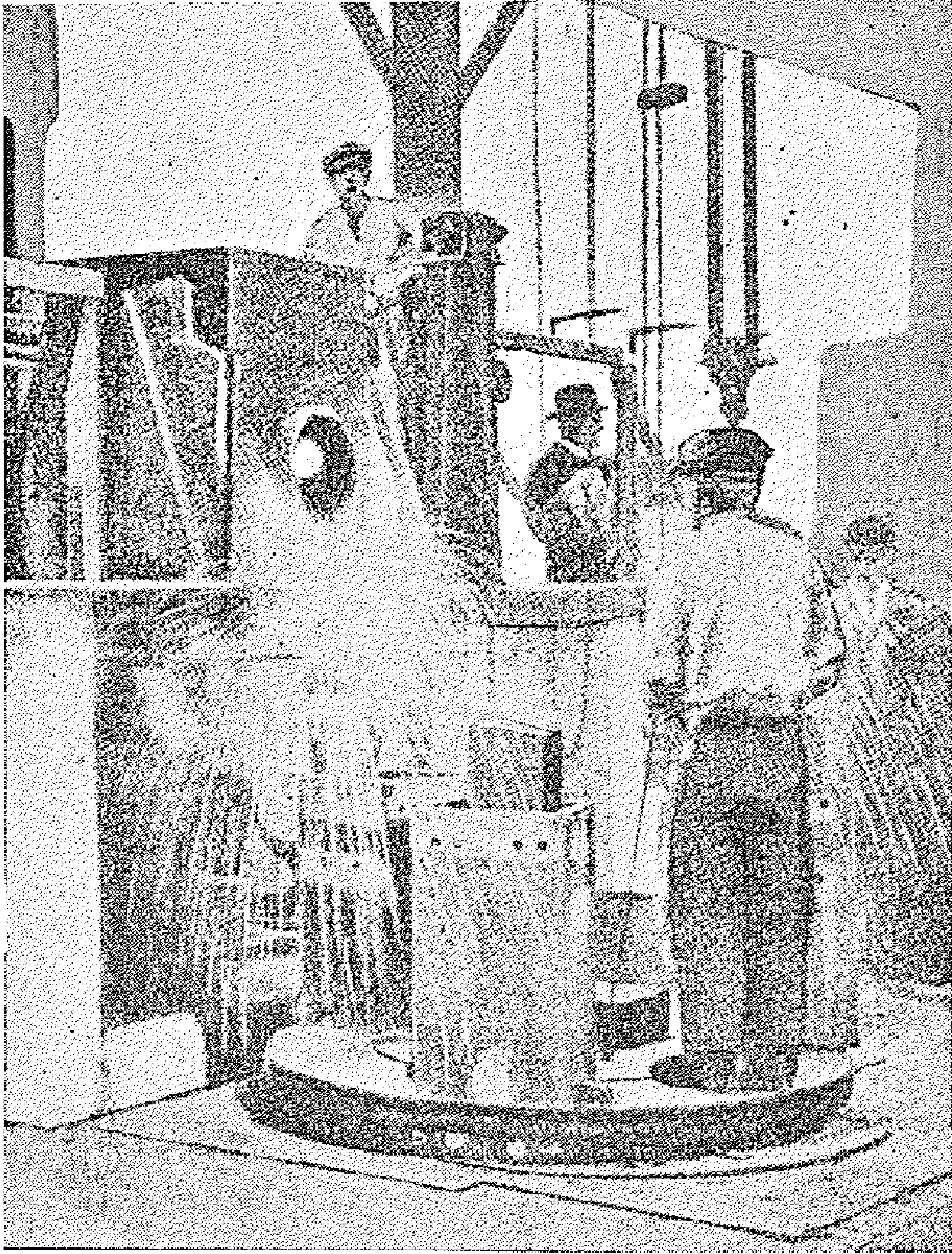
(شكل ٤٣ — منظر عمومى لفرن هيرو الكهربائى)

الكربونية فضلا عن إمتصاص الصلب كمية من كربون الأقطاب، لذلك فكر كجلن (Kgellin) فى عمل فرن كهربائى آخر كالمبين تخطيطيا فى شكل(٤٥) .

ويتركب من حوض على شكل حلقة (١) يتوسطه ملف كهربائى (٢) كثير اللفات يلف حول قطعة من الحديد (٣) فعند مرور التيار الكهربائى فى الملف (٢) يتولد حوله مجال مغناطيسى يقطع الحوض (١) المملوء بالحديد والصلب الخردة وباقى المواد بنسب معينة وهى اللازمة لإنتاج نوع معين من الصلب فيستنتج تيار كهربائى فى المعدن عظيم الشدة .

ولما كانت الحرارة المتولدة من التيار الكهربائى تتعلق على مربع شدته فإن الحرارة المتولدة فى الشحنة تكفى لصهرها .

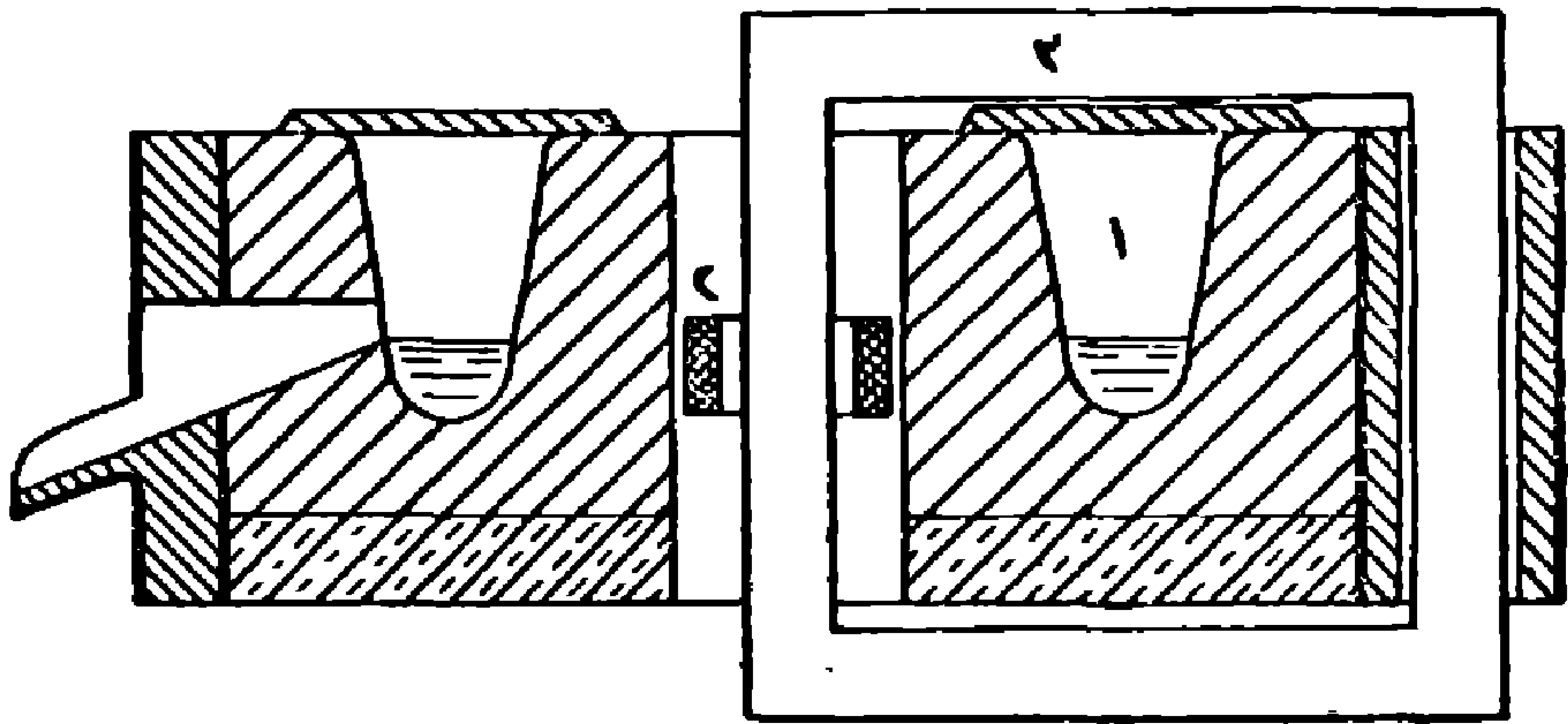
وقد وجد أن تلك الحرارة ليست كافية دواما . لذلك عمل فرن مزدوج وعمل فيه الحوض على شكل B يتوسـط كل حلقة منها ملف مغناطيسى .



(شكل ٤٤ — منظر آخر لفرن كهربائى على طريقة فرن هيرو)

ووجد أن الصلب المستخرج بهذا الفرن أكثر تجانسا من الفرن الأول وانتشر استعمال هذا الفرن فى السويد وألمـانيا وبعض المصانع الانجليزية وأنتج ،

أجود أنواع الصلب . ويرجع السبب فى عدم انتشار الأفران الكهربائية الى كثرة مصاريف إنتاجها عدا الممالك التى تستخدم مساقط المياه .



(شكل ٤٥ — قطاع رأسى لفرن كجلن الكهربائى)

الفصـــل التاسع

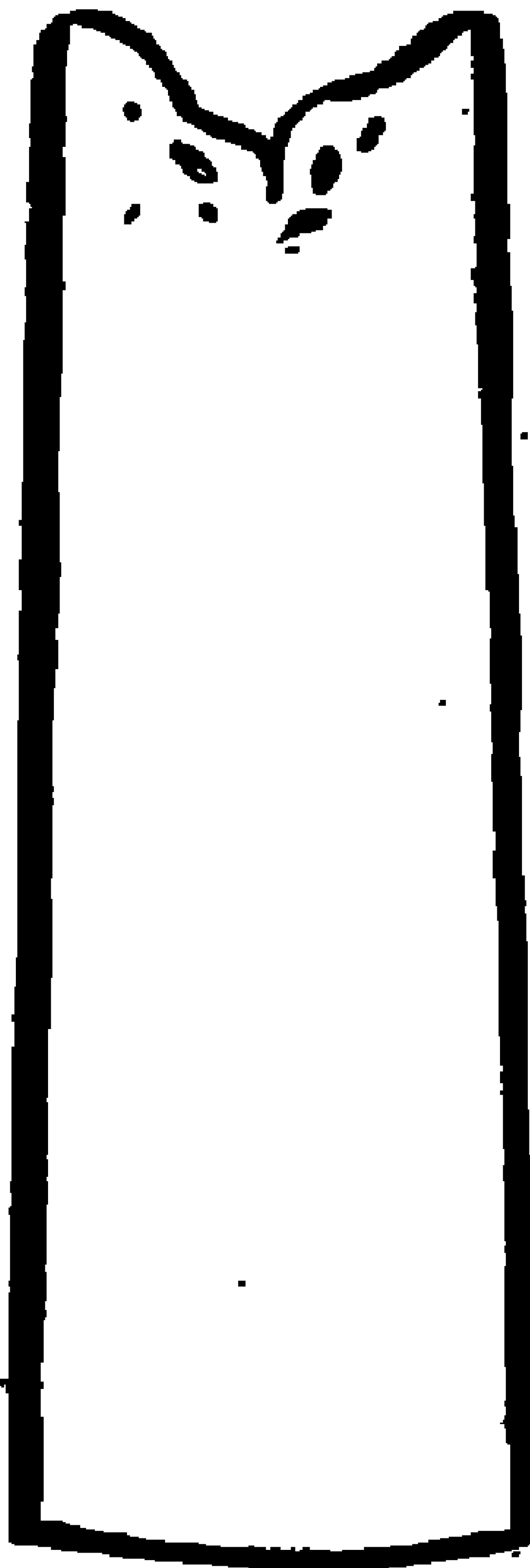
العمليات النهائية للصلب

العمليات النهائية للصلب الكربونى — ويقصد بها العمليات التى تجرى عليه بعـد صبه فى القوالب لإزالة ما به من العيوب ولإعداده للأشكال النهائية التى يظهر عليها فى السوق وملاءمتها للأغراض الصناعية المطلوب لها

فالصلب المصهور — لاسيما الأنواع الطرية منه — يكون فى الغالب محتويا على كميات كبيرة من الغازات مذابة فيه. وهذه الغازات تُحدث فى الصلب المصهور نوعا من الاضطراب والجيشان، وتسبب خروج شرر شديد منه وقت صبه. ويمكن تلطيف هذا الجيشان باضافة قطع صغيرة من الالومنيوم إليه وهو فى القوالب. وهذا العلاج وإن كان يُحدث هدوءا فى المعدن إلا أنه لا يُخرج الغازات منه. فاذا ترك الصلب المصهور فى قوالبه حتى يجمد ببطء فان جزءا من الغازات يهرب منـه أثناء تجمده والجزء البـاقى ينحبس فى جوفه. وبما أن تجمد الصلب يكون نتيجة لتسرب الحرارة منه، وهذه الحرارة تتسرب عادة من القشرة الخارجية قبل القلب، فطبيعى إذن أن تبرد القشرة المذكورة وتجمد بينما يكون القلب سائلا. فاذا ما أخذ القلب بعـد ذلك فى التجمد ثم الإنكماش فإن سطحه العلوى يهبـط عن مستواه الأفقى ليملأ الفراغ الذى تكون من هروب بعض الغـازات والفراغ الذى ترتب على الإنكماش. وعلى ذلك تأخذ القمة العليا للمعدن بعد تجمده شكلا مقعرا. وهـــذا عيب كبير فى الصلب وزيادة على ذلك فان هذا التجمد التدريجى يجعل قلب المعدن مفككا وأقل تماسكا واندماجا من قشرته الخـارجية ومن

الطبقات التى تليها و يظهر أثر ذلك واضحـا فى مكسر الصلب حيث تكون حبيبات قلبة أخشن من غيرها .

أما الغازات التى تحبس فى جوف المعدن فانهـا تجمع بالقرب من قمته العليا تحت ضغط شديد فتحدث فيـه بخوات عديدة (بخبخة) وكلا العيبين مبين بوضوح فى شكل (٤٦) .



شكل (٤٦ — كتلة الصلب (الجاو يط) وتظهر بقمتها العيوب)

فمن هـذا يرى أن ترك الصلب المصهور يبرد ثم يتجمد فى القوالب بهذه الكيفية يجعل الكتل الناتجة منه غير سليمة فى قمتها العليا ، فلا تصلح للأغراض الصناعية إلا إذا قطعت هذه القمم ، وعادة يعاد صهر الاجزاء المصابة مرة أخرى . لكن هذا العمل يعد إسرافا كبيرا فى الأعمال الصناعية التى يجب أن يراعى فى إنتاجها أوفر الوسائل الاقتصادية . وفعلا قد عولجت هـذه العيوب فأمكن التغلب عليهـا بثلاث علاجات وهى :

(١) العلاج الكيميائى .

(٢) كبس الصلب المنصهر بواسطة المكابس الايدروليكية .

(٣) طرق كتل الصلب تحت المطـارق الآليـة أو كبسها بواسطة المكابس .

العلاج الكيميائى — أشرنا فيما سبق أنه وجد بالتجارب أن ترك الصلب منصهرا فى البوادق داخل الأفران مدة ٢٠ دقيقة تقريبا فى نار هادئة يساعد على صب مسبوكات خالية من البخبخة وتسمى تلك العملية عملية قتل

المعدن ، وتوضيحا لذلك · أنه عند ما يتم صهر الصلب يميل الى التخلص من كربونه فيضطرب سطح المعـدن بحاله تشبه الغليان ، وإذا استمرت درجة الحرارة مرتفعة فإن الصلب يتخلص من كربونه . لكن ترك المعـدن منصهرا فى نار هادئة يساعده على تعويض ما فقده من الكربون .

والواقع أنه أثناء عملية الصهر يمتص الصلب كمية من الإيدروجين وأول أكسيد الكربون من الوقود ، كما يمتص نتروجين هواء إحتراق الوقود ، وهذه الغازات تساعده على الجيشان . فقتل المعدن يعطى الصلب فرصة للتخلص من هـذه الغازات وتعويض الكربون . وتميل الغازات إلى الخروج من المعدن عند صبه فى القوالب فتحدث بجبخة فى المسبوكات . فعولجت هذه الحالة بإضافة كمية الألومنيوم تلق على سطح المعدن الجائش فيهدأ بسرعة وتتم عملية الصب بسهولة ، ويفعل السليكون والمـانجنيز فعل الألومنيوم فى تهدئة سطح المعدن إلا أنهما يضافان على هيئة مركبات الحديد المـانجنيزى أو الحديد السليكونى . وقـد اختلفت الآراء فى تعليل تلك الظاهرة لكن أرجحها يعلل أن إضافة هـذه العناصر خصوصا الألومنيوم تسهل قابلية ذوبان الغازات فى الصلب سواء أكان منصهرا أم أثناء تجمده وبذلك تسهل عملية صبه .

ولقد أمكن باضافة الألومنيوم صب الصلب الطرى وتكفى بضع أوقيات (٠,٠١ فى المـائة) لملعقه من المعدن المنصهر .

ويستعمل العلاج الكيميائى فى صنع مسبوكات من الصلب تشابه مسبوكات الزهر ، تجمع بين المتانة وخفة الوزن كبعض أجزاء السيارات ... الخ وهذه المصنوعات تفضل مسبوكات صلب بسمر أو الفرن الواطئ المفتوح .

ونجاح عمليـة الصب يتوقف أيضا على تجفيف الرمل والروازق [١] ، كما يلزم أن يكون رمل الروازق نقيا بقـدر الامكان حتى يسهل خروج بقايا الغازات من المسبوكات والعلاج الكيميائى يقلل من قابلية السحب، لذلك لا يستخدم فى عمل الصلب المعرض للسحب .

كبس الصلب — أما العلاج بكبس الصلب بمكابس إيدروليكية فهو أحسن العلاجات الثلاث وأقدرها على إيجاد التجانس فى الصلب واحكام اندماج حبيباته . والصلب المستخرج بهـذه الكيفية يسمى أحيانا بصلب ويتورث المكبوس . ويتلخص هذا العلاج فى تعريض الصلب بعد صبه فى قوالب خاصة وعنـد بدء تجمد سطحه لضغط عال جدا فتتلاصق ذراته تحت تأثير هذا الضغط الكبير وتندمج بعضها ببعض وتصبح حبيبات مكسرة أدق حجما وأكثر اندماجا فتنعصر منه أغلب الغازات المذابة فيه كما تنعصر المياه من قطع الاسفنج. أما الغازات القليلة التى تبقى بعد ذلك فإنها تنضغط فى بجوات دقيقة موزعة فى كتلة المعدن جميعها فينعدم أثرها تقريبا، وتسرى هذه العملية على صب الجاويطات فقط .

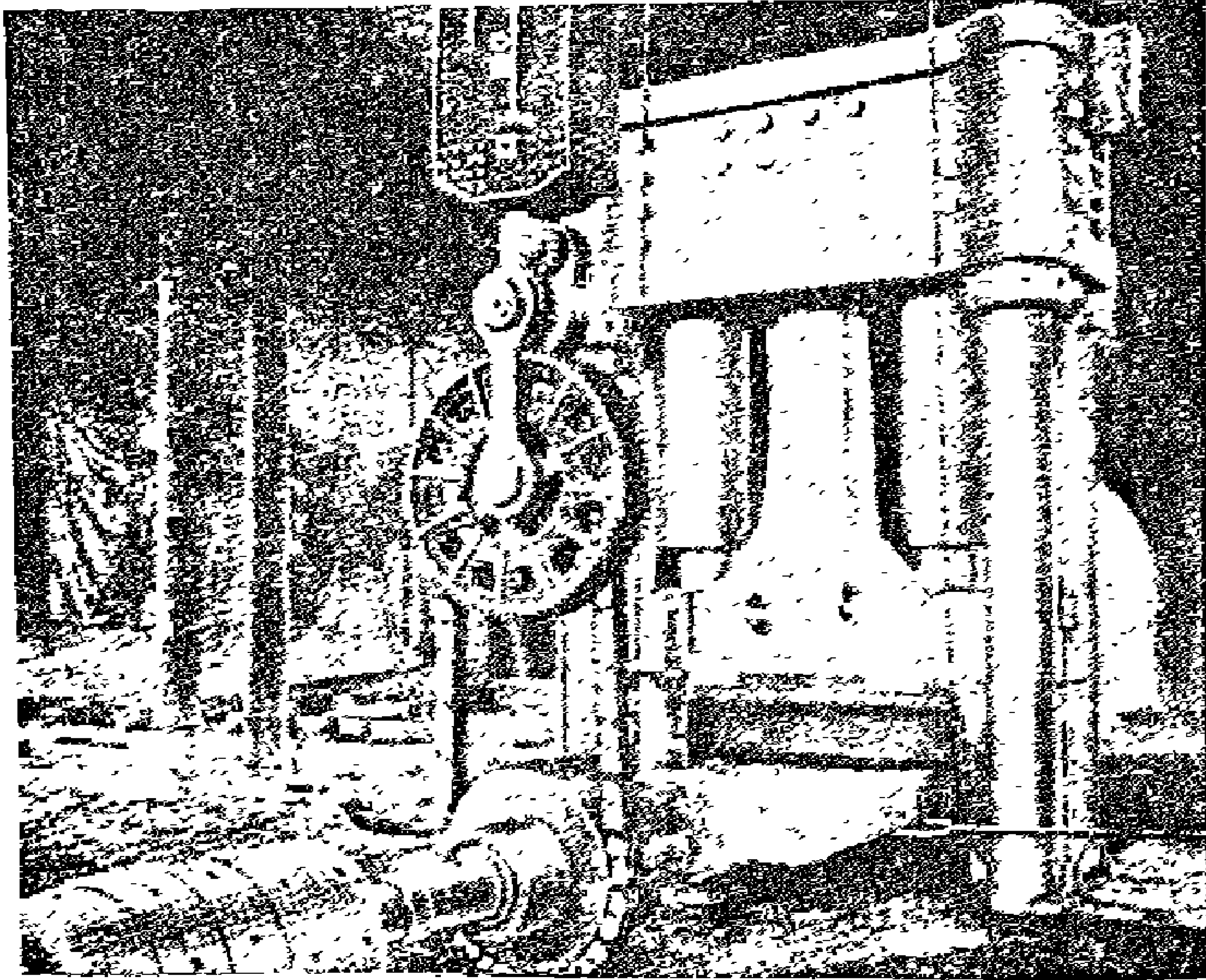
وبمـا أن هـذا العلاج يستدعى إستخدام ضغوط عالية لا تقـل عن ١٥ — ٢٠ طنا على البوصة المربعة فان قوالب صب الصلب العادية لا تتحمل هذه الضغوط فيستعمل بدلا منها قوالب خاصة مبنية بطريقة متينة ، وبها فتحات تسمح بخروج الغازات أثناء عملية الكبس فتخرج هـذه الغازات بصوت شديد أشبه بالدوى .

وجاويطات الصلب الناتجة من هـذه العملية تكون أقصر بنحو عشرة فى المـائة عن الجاويطات الناتجة من التبريد التدريجى فى القوالب العادية .

(١) يستعمل فى مصر رمل ناعم نقى ممزوجا بالزيت الحار (النىء) ويجفف الريزق تماما الى أن يتطاير كل الزيت .

وهذه الكتل تكون سليمة فى جميع نواحيها فلا يستدعى الحال قطع أى جزء منها كما أنها تكون متفوقة فى جميع تجارب مقاومة المـواد . لكن نظرا لإرتفاع تكاليف هـذه الطريقة فهى لا تستعمل إلّا فى الأنواع الممتازة من الصلب كما فى البنادق والمدافع ورفاصات البواخر وكرنكات المحركات وأعمدة إدارتها الخ .

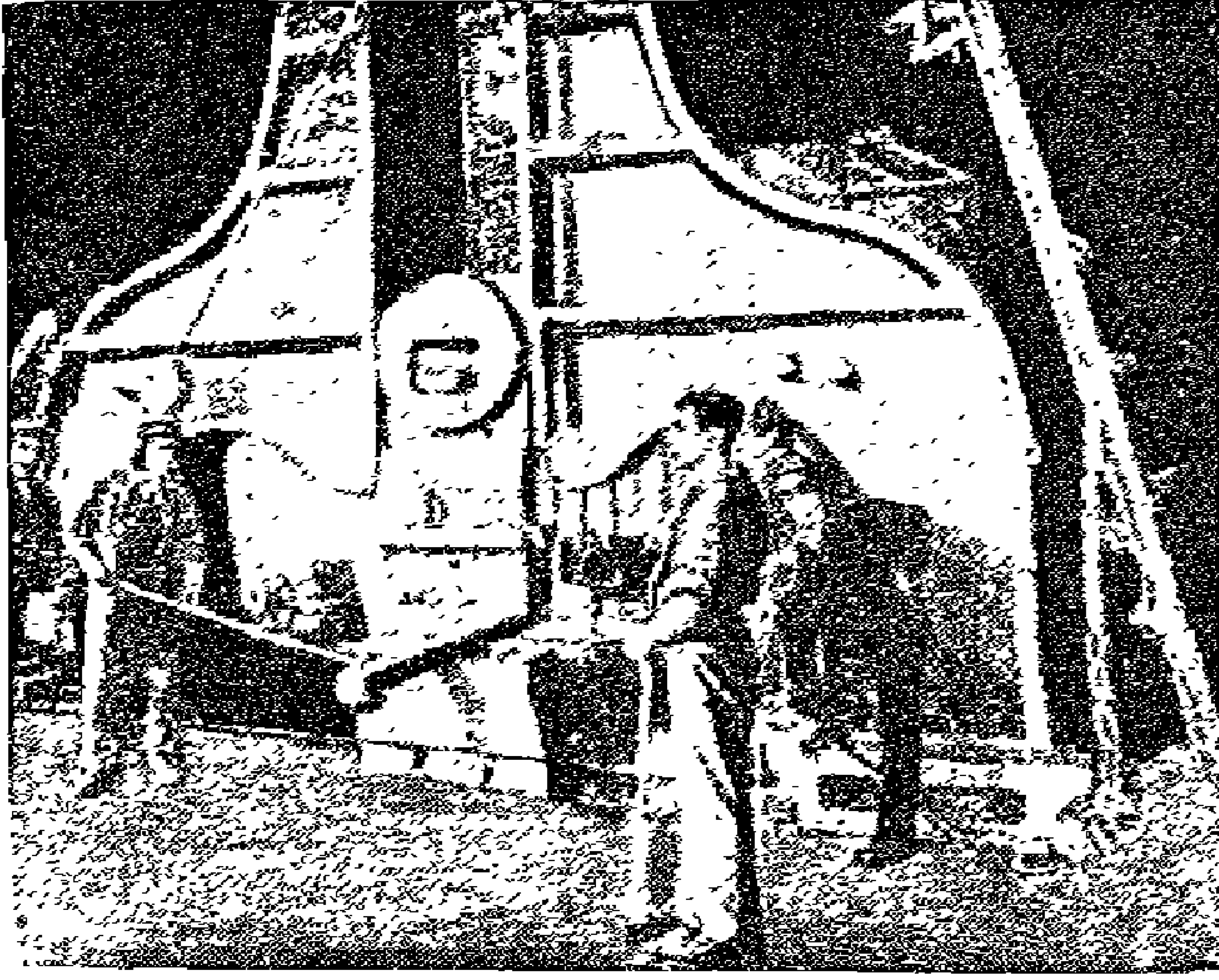
طرق وكبس الصلب — أما العلاج الثالث الخـاص بطرق الكتل أو كبسها على آلات كالمبينة بشكل (٤٧ و ٤٨) فالقصد منه احكام اندماج



(شكل ٤٧ — مكبس مائى لعصر الصلب)

بلورات الصلب (أى حبيباته) بعضها فى بعض لاسيما فى قلب الكتلة . ولا علاقة له البتة بطرد الغازات منها . وعملية الطرق لاتقوم بهـذا الأمر على الوجه الأتم حيث إن الطرق يؤدى بواسطة ضربات متقطعة توجه بواسطة المطارق إلى قشرة الصلب لا إلى قلبه فيكون تأثيرها على القشرة أكثر منه على القلب . أما الكبس فهو ضغط مستمر على كتلة المعدن لمـدة معينة

يسرى مفعوله من القشرة إلى القلب و يكون أثره أوقع فى احكام اندماج الحبيبات .



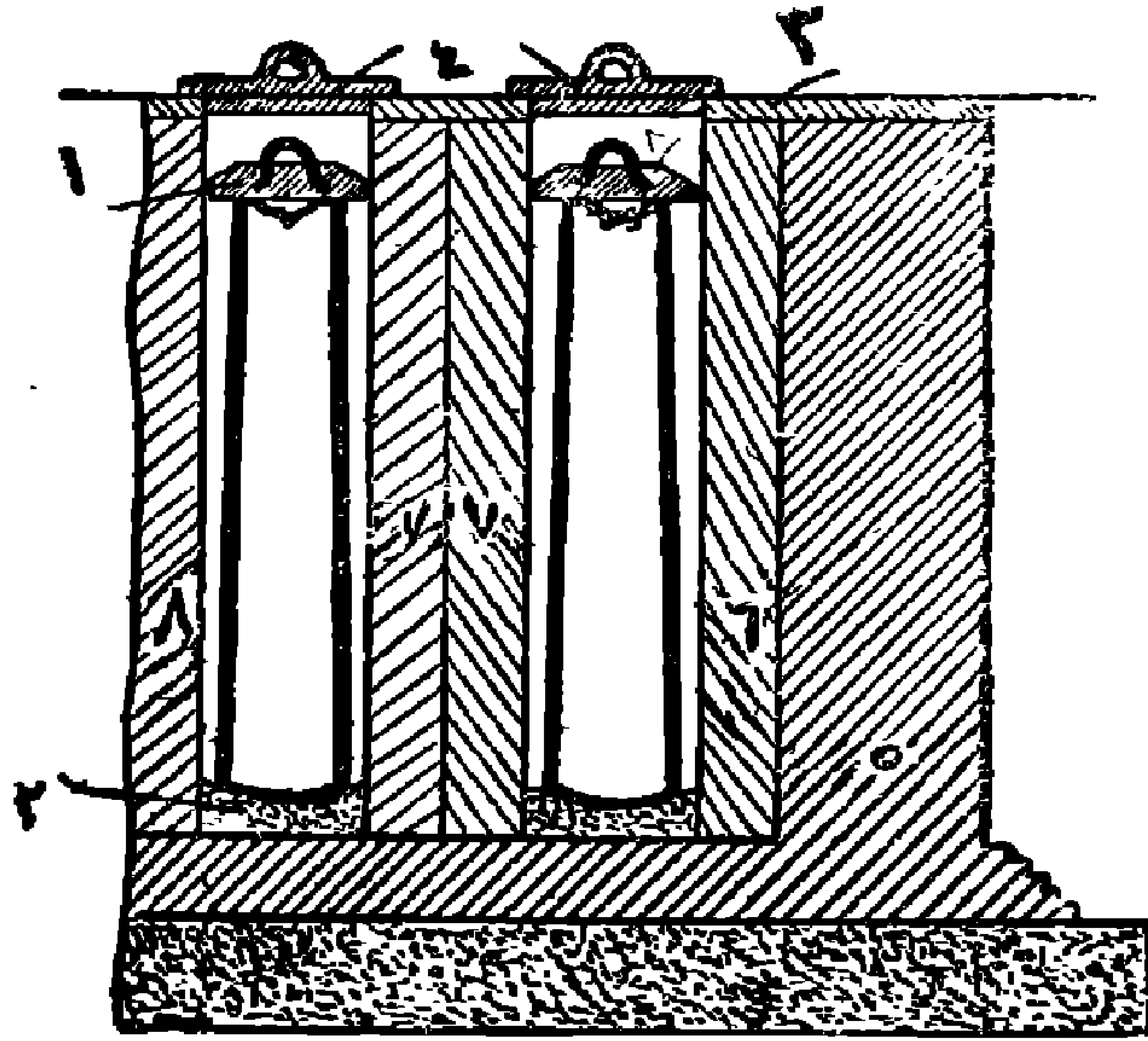
(شكل ٤٨ — مطارق كتل الصلب)

وهذا العلاج لايمكن اجراؤه على الكتل مباشرة بعد اخراجها من قوالبها لأستحالة طرقها عندئذ لأن قشرتها الخارجية تكون متجمدة بينما قلبها يكون سائلا . فان طرقت — وهى على هذه الحال — تتفتت قشرتها و يندفع منها السائل بقوة. أما إذا تركت حتى يجمد القلب فان القشرة الخارجية تكون قد بردت جدا فلا يمكن طرق الكتلة إلا اذا أعيد تسخينها . وهذا هو المتبع فعلا . و إعادة التسخين تتم بطريقة من ثلاث :

الطريقة الأولى — توضع الكتل فى أفران خاصة تسمى أفران إعادة التسخين وقودها الفحم أو غاز المحضرات .

وعيوب هذه الطريقة كثرة تكاليفها وجعلها القشرة أسخن من القلب .

الطريقة الثانية — توضع الكتل وهى ساخنـة فى بجوات فى الأرض تعرف باسم حفر التغطيس مرتبـة على شكل مجموعات . وكل حفرة أوسع وأعمق قليلا من الكتلة وشكل (٤٩) يبين رسما كروكيا لحفرتين من هذا القبيل .



(شكل ٤٩ — حفر التسخين)

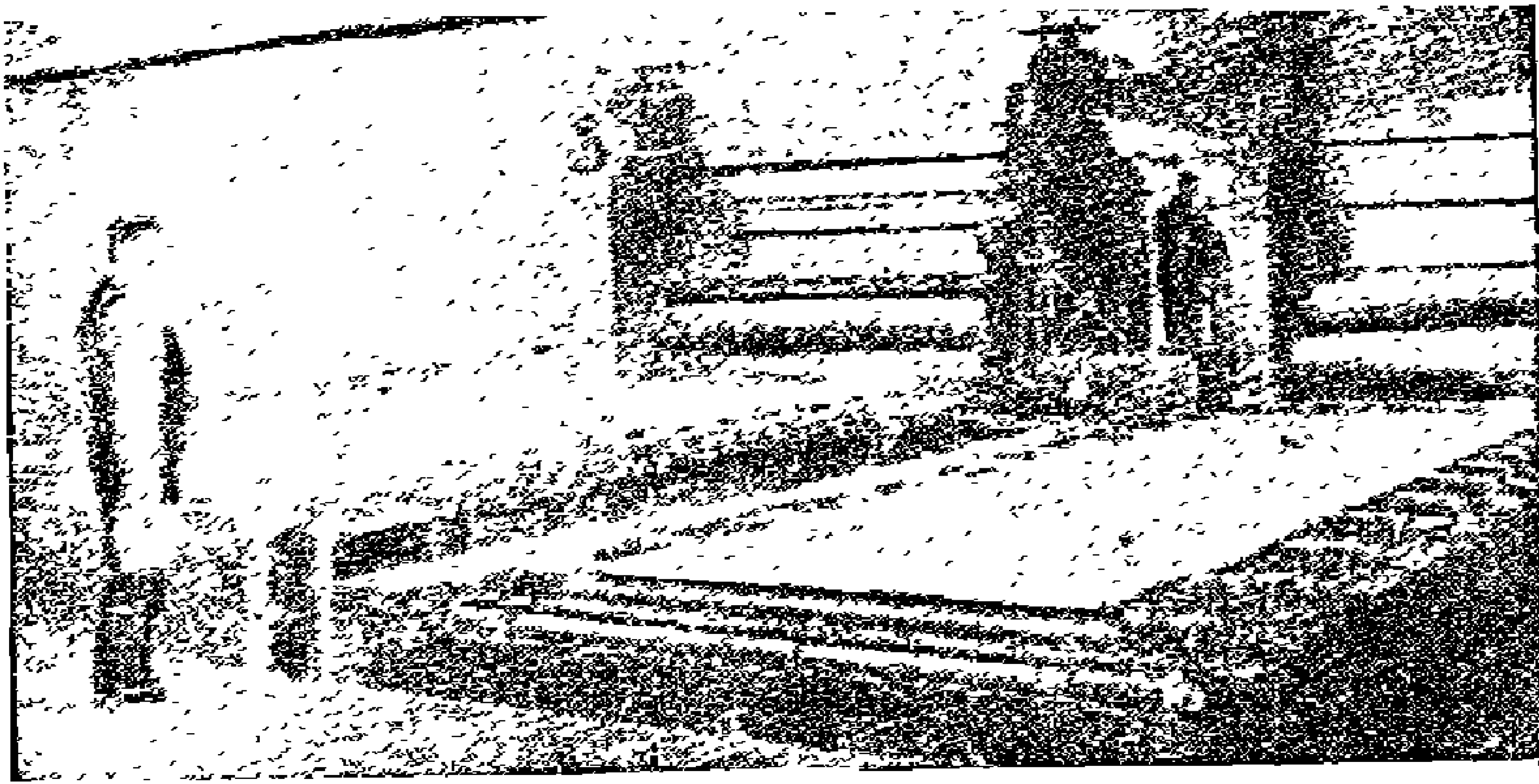
(١) غطاء صلصالى	(٥) جدار الحفرة
(٢) فرش من الطوب المكسر والرمل	(٦) طين حرارى
(٣) لوح من الزهر	(٧و٨) جدار من الطين الحرارى
(٤) غطاءان من الزهر	

والكتل التى توضع فى الدفعات الأولى تعطى حرارتها الى جدران الحـفر المبنّية بالطين الحرارى .وعليه يلزم أن يعاد تسخين هذه الكتل بعد إخراجها فى أفران حتى يمكن طرقها . أما الكتل التى توضع بعد ذلك فان قشرتها تبقى ساخنة بفعل الحرارة التى تنعكس عليها من جدران الحفر الساخنة والحرارة التى تسرى اليها من القلب . وهذه الطريقة فيها وفر كبير حيث لايستعمل

فيها وقود بالكلية كما أنها تساعد على تبريد القلب ببطء وانتظام . فاذا ماتجمد القلب تكون الكتلة ساخنة لدرجة حرارة بيضاء وعلى أتم استعداد لعملية الطّرق .

الطريقة الثالثة — توضع الكتل فى أفران تسمى أفران التغطيس وتبنى فى حفر تحت سطح الأرض وتشتغل على طريقة الترجيع الحرارى ولا يستعمل فيها إلّا قليل من الوقود .

العملية الختامية للصلب — بعد أن ينتهى علاج الصلب مما به من العيوب بالطريقة السابقة الذكر يؤخذ ان كان طريا أو متوسطا إلى آلات جلخ ذات درافيل ثقيلة كما فى شكل (٥٠) حيث يحول إلى كتل ذات قطاع منتظم أو إلى ألواح سميكة جدا ، ثم تقطع هذه إلى أجزاء . فما كان منها مطلوب اعداده



(شكل ٥٠ — آلة جلخ للألواح الصلبية)

لعمليات الحدادة وجعْله قابلا للطرق والخام ينقل مباشرة إلى آلات جلخ ذات درافيل صغيرة مماثلة تماما للآلات الخاصة بأعداد الحديد الخام — السابق شرحها — حيث بمروره بينها تتكون فيه ألياف بسيطة تجعله صالحا لهذه العمليات ، ثم يخرج منها على شكل أسياخ أو خوص أو كمرات أو غير ذلك من الأشكال المعروفة فى السوق .

وما كان منها مطلوبا لصنع مشغولات مسبوكة فإنه يباع إلى ورش السباكة دون أن يمر بآلات الجلخ ذات الدرافيل الصغيرة. وفى هذه الورش يعاد صهره فى بوادق أو أفران ثم صبه على نسق الأشكال المطلوبة بنفس الطرائق المستعملة فى سباكة الزهر كما سبق .

أما إذا كان الصلب ناشفا يستعمل فى أقلام المخارط والمقاشط وغيرها من الأدوات القاطعة فإنه لا يمر بآلات الجلخ بل يكتفى بطرقه على المطارق الآلية لاعطائه الشكل المطلوب .

الفصل العاشر

موارد الحديد الخام والصلب المستعملين فى البلاد المصرية
الأشكال الشائعة الاستعمال فى السوق المصرية

موارد الحديد الخام والصلب المستعملين فى البلاد المصرية — لقد رجعنا إلى الإحصاءات الجمركية عن أنواع الحديد الخام والصلب المستوردة إلى البلاد المصرية فى السنوات الأخيرة فظهر لنا أن أكبر كمية من هذين الصنفين ترد من بلجيكا ، ثم تليها فرنسا فألمانيا فانجلترا ويغلب على ظننا أن السبب فى رجحان كفة الممالك الثلاث الأولى على انجلترا فى هذا الأمر يرجع إلى كون أغلب الصلب الوارد من هذه الممالك هو من النوع الرخيص الثمن المستخرج بطريقة بسمر القاعدية . والمطلوب بكثرة للأشغال العادية . وبالمثل عن الحديد الخام فان الصنف الكثير الشيوع منه بهذه البلاد هو الحديد التجارى العادى . وذلك لأن هذين الصنفين هما المستخدمان بكثرة فى الأغراض المعمارية من عمل أسقف وشبابيك ودرابزينات وأسوار ومبانى مسلحة وما شاكل ذلك . وهى الأغراض التى يكاد يكون استعمال الصلب الطرى والحديد الخام مقصورا عليها فى البلاد المصرية ، أما البلاد البريطانية فانها تصنع أجود أنواع الصلب والحديد الخام وهذه لا تطلب إلا للأغراض الميكانيكية المهمة أو المنشئات الهندسية الكبرى من كبارى وخلافه والتى لا يعمل منها فى البلاد المصرية إلا بقدر معلوم .

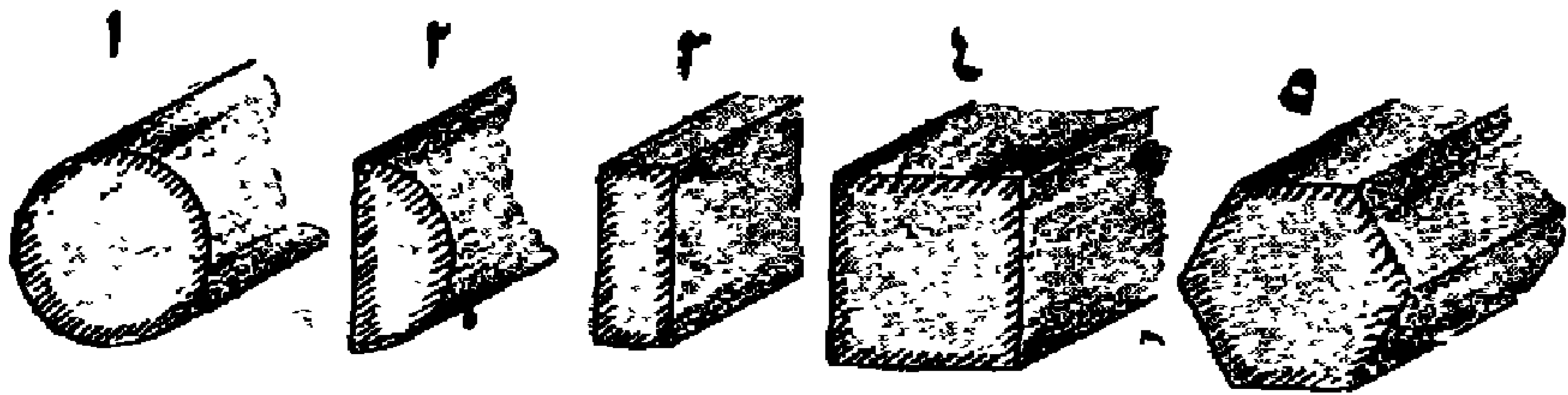
أشكال وأسماء الحديد الخام والصلب الكثيرة الشيوع فى السوق المصرى — يوجد الحديد الخام والصلب فى السوق المصرى على شكل سيقان مصمتة

وكرات ومواسير وألواح وأسلاك . وهذه خلاف المشغولات الجاهزة التى ترد من هذين الصنفين .

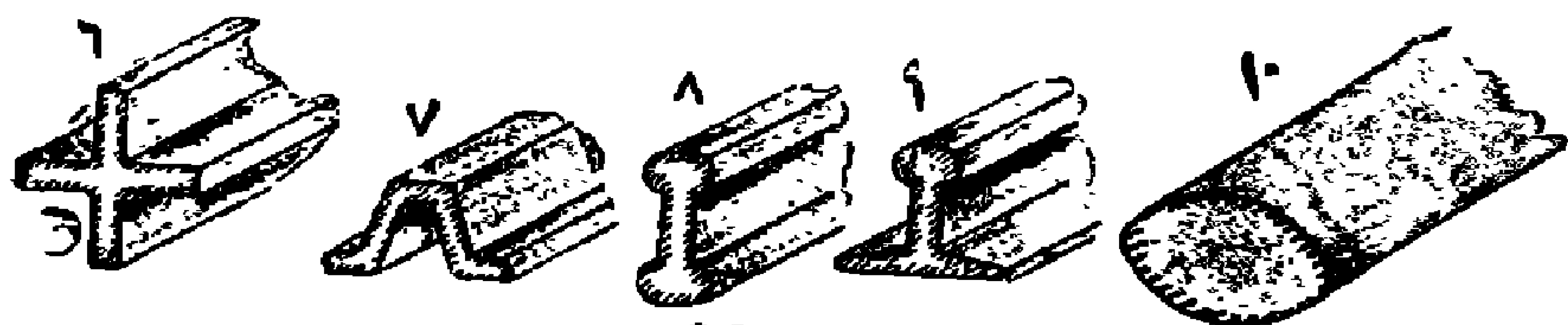
فالساق المصمتة ان كان قطاعها العرضى دائريا (مبروما) أو نصف دائرى (نصف مبروم) أو مربعا أو مثمنا أو نصف بيضاوى (ظهر الحية) يطلق عليها لفظ سيخ فيقال سيخ مبروم أو مربع أو ظهر الحية الخ . وتقاس أطوالها عادة بالقدم [١] ويبلغ الطول المألوف للسيخ نحو ٢٠ قدما . ويقاس سمكها غالبا بالبوصة وأجزائها، وأحيانا بالسنتيمتر والأسماك الموجودة بكثرة فى السوق تختلف من ١/٤ بوصة الى ٤ بوصات . أما ما زاد عن ذلك فنادر الوجود ويلزم استحضاره بطلب خاص .

أما أذا كانت الساق المصمتة مستطيلة القطاع فتسمى خوصة وتقاس تماما كالسيخ .

وشكلا (٥١ و ٥٢) يبينان رسما كروكيا لقطاعات هذه السيقان .



(شكل ٥١ — قطاعات عرضية للسيخ)



(شكل ٥٢)

---

(١) تطلب أحيانا بالمتر .

الكمرات — تكون إما على شكل T أو H أو Z أو على شــكل صليب أو مجرى أو زاوية أو على شكل قضيب سكة حديد. وشكلا (٥٢و٥٣) يبينان القطاعات المختلفة لهذه الكمرات . وهى تقاس بالمتر فى أطوالها و بالسنتيمتر فى باقى الأبعاد .

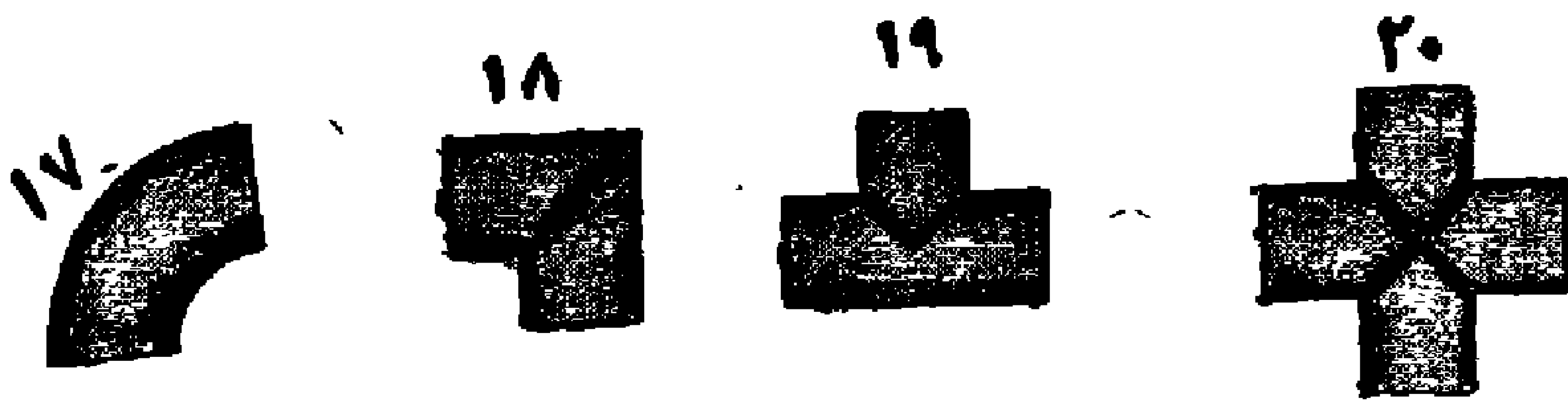


(شكل ٥٣ — قطاعات عرضية للكمرات)

المواسير — توجد على ثلاث طرازات وهى :

مواسير سوداء ومواسير مجلفنة ومواسير بخار .

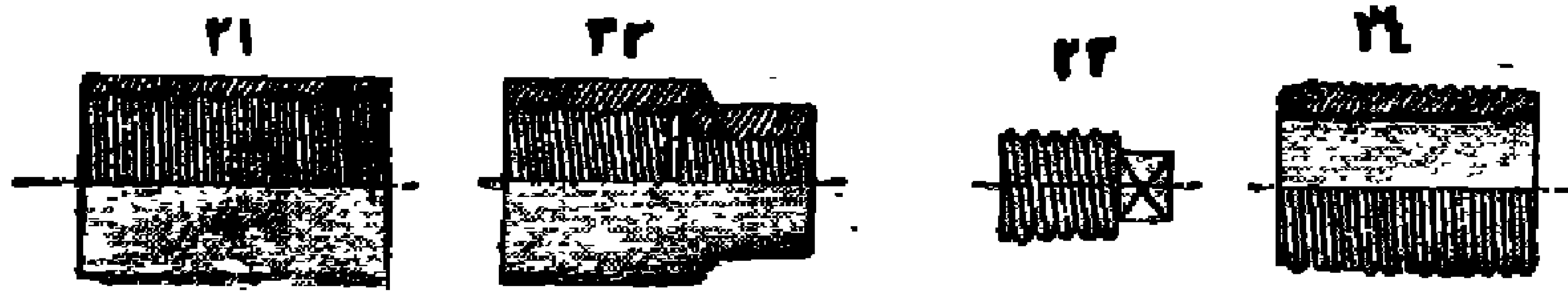
فالسوداء والمجلفنة تصنع عادة من ألواح . وتلف على آلات الجلخ حتى يأخذ قطاعها شكلا دائريا أجوفا ثم يلحم موضع الاتصال ، وهى تستخدم فى نقل السوائل الواقعة تحت ضغوط ضعيفة . وتختلف السوداءُ عن المجلفنة فى كون الأولى خالية من الطلاء بينما الثانية مطلية بالزنك .



(شكل ٥٤)

أما مواسير البخار فمصنوعة من قطعة واحدة مسحوبة بطريقة خاصة وعلى ذلك تكون خالية من اللحام ، وتستخدم فى نقل البخار والغازات المضغوطة وجميع السوائل الواقعة تحت ضغوط شديدة . وجميع هذه المواسير توصل

بعضها مع بعض بواسطة جلب وكيعان وغيرها من وسائل الرباط . وشكل (٥٤) يبين بعض أنواع الكيعان وشكل (٥٥) بعض أنواع الجلب .



(شكل ٥٥)

الألواح الصاج — وتصنع من الحديد الخام والصلب الطرى فان كانت غير مطلية بطلاء معدنى فانها تعرف باسم الصاج الأسود . أما ان كانت مطلية بطلاء معدنى كالزنك أو القصدير فانها تعرف باسم صاج مجلفن أو صفيح على التوالى .

ألواح الصاج الأسود — ويختلف سمكها من نصف ملليمتر الى ٢٥ ملليمترا ويختلف عرضها من ٣ أقدام الى ٨ أقدام وطولها من ٣,٥ الى ١٠ أقدام والأنواع الخفيفة منها يقاس سمكها بمقياس خاص يعرف باسم مقياس برمنجهام ويرمز له فى الانجليزية بحرفى .B. G وهذا المقياس مقسم إلى نمر بدلا من ملليمترات أو بوصات ، فيقال مثلا نمرة ١٥ للصاج الذى سمكه $\frac{١}{١٦}$ من البوصة أى ١,٥٨٧ ملليمتر وهلم جرا .

أما الأنواع السميكة فتقاس بالملليمتر أو البوصة على حد سواء ويمكن الحصول بسهولة فى السوق المصرى على ألواح سمكها لغاية $\frac{٣}{٨}$ بوصة (أى ستيمتر واحد تقريبا) . أما ما زاد عن ذلك فيحصل عليه بتوصية خاصة .

ألواح الصاج المجلفن — وهى ألواح رقيقة من الصاج عليها طلاء من الزنك يحميها من التأكسد بفعل الرطوبة الموجودة فى الجو ويقاس سمكها دائما بمقياس برمنجهام . وهى على نوعين :

نوع عادى سطحه مستو ويستعمل بدلا من ألواح الزنك فى أغلب الأغراض المنزلية كعمل المزاير والكيزان والجرادل وكساء الثلاجات من الداخل وكساء قرص الطرابيزات الخ .

ونوع مموج (أى مضلع) وسطحه على شكل أمواج صغيرة تساعده على تحمل الضغوط . ولذلك يستعمل فى تغطية سقوف الورش والمعامل وبناء جدرانها .

والطلاء بالزنك أحسن كثيرا من الطلاء بالقصدير وأقوى منه على حماية الصاج من تأثير الجو . وذلك لأن الزنك لا يتأثر إلا قليلا من الهواء إن كان جافا . أما اذا كان الهواء رطبا فان طبقة بسيطة من السطح الخارجى للزنك تتحول إلى أوكسيد الزنك وهذا الأخير لايذوب فى الماء فيقف حائلا بين الهواء الرطب وبقية الجسم فيحميه من التأكسد . ويستفاد من هذه الخاصية فى طلاء ألواح الصاج والأسلاك والأدوات الحديدية بطبقة من الزنك بعملية تسمى "الجلفنة" .

وعملية الجلفنة تتلخص فى غمر الأجسام الحديدية فى حامض الكلوردريك المخفف (ماء النار) لكى تزول منه القشرة ثم تدعك جيدا ان استدعى الحال ذلك وتغسل، وبعد غسلها تغمر فى حوض محتو على زنك مصهور تعلوه طبقة من النشادر تساعد على السيحان . ويضاف أحيانا جزء من القصدير والرصاص إلى الحوض لتحسين مظهر الأدوات المجلفنة .

وتستعمل الآن طرائق حديثة للجلفنة على البارد بالكهرباء وقد نجحت هذه الطرق نجاحا باهرا .

ألواح الصفيح — وهى ألواح رقيقة من الصاج عليها طلاء من القصدير يمنع تأكسدها ويصنع منها الكثير من الأدوات المنزلية وغيرها .

والقصدير معدن يمتاز بسهولة التصاقه بالحديد والصلب وكلما كان الحديد أو الصلب أنقى كان التصاق القصدير بسطحيهما أمتن . لذلك يراعى دائما فى عمل ألواح الصفيح أن يكون الحديد أو الصلب المصنوعة منه نقيا ولينا حتى يسهل ثنيها واعطاؤها الشكل المطلوب . واذا طليت ألواح الصاج بالقصدير فانه يسهل لحامها بالقصدير أيضا .

وألواح الصاج المطلوب تحويلها إلى صفيح تكون فى الأصل على شكل خوص طول الواحدة منها ١٥ بوصة وعرضها ٦ بوصات وسمكها $\frac{٣}{٨}$ بوصة فتوضع هذه الخوص فى آلات جلخ خاصة فتتحول إلى ألواح مربعة ثم تسخن و توضع تحت آلات جلخ أخرى فتتحول إلى ألوح أطول من الأولى أربع مرات ثم يطبق كل لوح على نفسه و يسخن و يوضع تحت آلات جلخ ثالثة وهكذا تكرر عمليات التطبيق والتسخين والامرار بآلات الجلخ مرات عديدة حتى يبلغ عدد الطبقات أحيانا ٣٢ طبقة ثم تفصل الطبقات بعضها عن بعض وتقطع الألواح إلى المقاسات المناسبة . و يرش بين كل طبقتين جزء من تراب الفحم حتى لا تلتصق إحداهما بالأخرى أثناء عمليتى التسخين والإمرار بآلات الجلخ . و الخوص التى يصنع منها الصفيح كانت تعمل فيما مضى من نوع مخصوص من الحديد يصهر و يكرر بواسطة الفحم النباتى ، لكن أُستُعيض عنه فى الوقت الحاضر بخوص من صلب الفرن الواطئ المفتوح .

إعداد الألواح للطلاء بالقصدير — تعد الألواح للطلاء باجراء العمليات الآتية عليها :

(١) تغمر الألواح فى حامض الكبريتيك المخفف على درجة ١٠٠ فهرنهيت لمدة عشرين دقيقة ثم تدعك بالرمل حتى تزول القشرة منها وتلمع .

(٢) توضع الألواح فى صناديق من الحديد ثم تحمر على درجة حرارة حمراء قاتمة لمدة تختلف من ١٠ ساعات الى ١٢ ساعة بشرط ألا يلامسها الهواء .

(٣) توضع الألواح فى آلات جلخ شديدة البرودة لكى تصير أكثر انتظاما ، وأنعم سطحا .

(٤) تحمر الألواح لمدة أقل من السابقة وعلى درجة حرارة أقل ، كى تزول النشوفة الناتجة من امرارها بآلات الجلخ .

(٥) تغمر الألواح مرة أخرى فى حامض أضعف من السابق ثم تدعك وتغسل حتى تتخلص من قشرة الأوكسيد الرقيقة التى تكون قد تكونت عليها أثناء عمليات التخمير .

وبعد اجراء هذه العمليات الخمس على الألواح تغمر فى الماء أو الماء الجيرى وتترك مغمورة حتى تستخرج للطلاء .

طلاء الألواح بالقصدير — ترفع الألواح من الماء أو الماء الجيرى وتوضع فى حمام ساخن جدا مشتمل على الشحم الذائب أو الزيت ، وتترك فى هذا الحمام حتى تسخن بانتظام وينطرد منها الماء ، وتكسى بطبقة من الشحم ثم ترفع منه ، وتوضع فى حمام آخر ساخن مشتمل على قصدير مصهور تعلوه طبقة من الشحم أو كلوريد الزنك فتكتسى الألواح بغلاف من القصدير. ثم ترفع من هذا الحمام وتوضع فى حمام ثالث اسمه حمام الغسيل ، وهو ينقسم الى قسمين ، ويشتمل على قصدير درجة حرارته أقل من درجة حرارة الحمام السابق ، فتوضع الألواح أولا فى القسم الأول فتنتظم طبقة القصدير الملتصقة بها ، ثم يرفع كل لوح على حدته وينظف بفورشة من القماش ، ثم يغمر فى القسم الثانى المشتمل على قصدير نقى فتزول منه علامات الفورشة .

وبعـد ذلك تمر الألواح بين درافيل آلة جاخ تكون مغمورة فى الشحم فينتظم سطحها وتزول منها قطع القصدير التى تكون زائدة عن اللزوم .

وتختم العمليـة بازالة الشحم من الألواح وذلك بدعكها بنوع من الردّة ثم دلكها بقطعة من الجلد الكموش أو الصوف .

الأسلاك — وتصـنع من الحديد الخـام أو من الصلب بأنواعه الثلاثة الطرى والمتوسط والناشف تبعا للأغراض التى تستخدم فيها. وتصـنع هذه الأسلاك بطريقة السحب فى آلات خاصة تشبه فى نظريتها الطريقة المألوفة لدى الصياغ فى مصر فى سحب الأسلاك الذهبية .

وعملية السحب تجعل القشرة الخارجية للصلب ناشـفة فان كان السلك المطلوب طريا وجب تخميره لإرجاع ليونته الأصلية إليه .

الفصل الحادى عشر

العمليات الحرارية للصلب

تأثير الحرارة على الصلب الكربونى — إنتهينا من شرح العمليات النهائية التى يمر بها الصلب لاعداده للأشكال التى يظهر عليها فى السوق . وبيّنا فى الفصل العاشر هـذه الأشكال بالتفصيل . ويمكننا الآن من قبيل التمييز أن نطلق على الصلب وهو فى هذه الأشكال لفظ "صلب خام" نظرا لكونه لم يدخل بعد فى صناعة المشغولات المطلوب عملها منه .

فاذا ما أريد عمـل مشغولات من الصلب الخام وجب أولا تسخينه بتعريضه لحرارة شديدة فى أكوار الحدادين أو فى أفران خاصة[١] ثم طرقه بعد ذلك بالمطارق اليدوية أو الآلية أوعددالحدادة لاعطائه الشكل المطلوب وأنه يهمنا أن نعرف الأثر الذى تحدثه عمليتا التسخين والطرق فى خصائص الصلب .

فالصلب أيا كان نوعه اذا فحص مكسره بواسـطة مجهر (ميكرسكوب) وجد هذا المكسر متألفا من بلورات صـغيرة (حبيبات) تختلف فى حجمها ودرجة اندماجها تبعا لنوع الصلب . فتكون فى بعض الأنواع كبيرة الحجم خشنة المظهر وتكون فى أنواع أخرى أصغر وأدق منها فى الأولى ، وتكون فى أنواع ثالثة دقيقة جدا ومندمجة لدرجة أن مكسرها يأخذ مظهرا حريريا

---

(١) عند تسخين الصلب الناشف لعمليات الطرق أو التقسية أو التخمير يلزم أن يكون التسخين ببطء فى مبدأ الأمر وبعد ذلك يزاد بسرعة الى درجة الحرارة الملائمة للعملية

شبيها بمكسر الصينى وهلم جرا . وهذه الحبيبات تتأثر من التسخين والطرق فيتغير حجمها وتكوينها ودرجة اندماجها من جراء ذلك . فالطرق على العموم يقلل من حجم حبيبات الصلب ويجعل اندماجها أدق ، لكنه ان أجرى على درجة حرارة أزيد من اللازم فان حجم الحبيبات يكبر ومنظرها يخشن وقوة الصلب تضعف وقابليته للتمدد تقل .

أما تسخين الصلب لدرجة حرارة أعلى فله تأثير غريب على خصائصه لا سيما فى الأنواع التى تحتوى على ٠٫٢٥ فى المائة من الكربون فأكثر . فلقد وجد أن هذه الأنواع اذا سخنت لدرجة الاحمرار ثم بردت بغتة تصبح أنشف كثيرا مما كانت عليه من قبل ، أما اذا بردت ببطء بعد التسخين فانها تصير أطرى (أكثر ليونة) مما كانت عليه أولا .

ويمكن أيضا معرفة مدى تأثير الحرارة على الصلب من المثل الآتى :

خذ ساقا من الصلب الذى تعمل منه العدد القاطعة طوله قدم واحد وقطره ٣/٤ بوصة وقسمه الى ١٢ قسما ، كل منها طوله بوصة واحدة ، وأعمل عند التقاسيم حزوزا بواسطة أجنة . سخن أحد طرفى الساق بحيث ترتفع حرارة هذا الطرف الى درجة عالية تقل تدريجيا على طول الساق حتى تصل الى الاحمرار البسيط عند طرفه الثانى ، وعندئذ أغمر الساق فى الماء البارد ثم اكسره الى قطع عند الحزوز ، وقارن بين مظهر المكاسر . فالقطعة التى سخنت الى درجة عالية تكون هشة جدا وحبيبات مكسرها خشنة ، وهذه الخشونة تقل تدريجيا فى مكاسر القطع التى تليها حتى ينقلب المكسر الى حريرى ناعم شبيه بمكسر الصينى . أما القطعتان أو الثلاث المحمرة احمرارا بسيطا فان حبيبات مكسرها تكون أخشن قليلا . وأقوى هذه القطع هى التى تكون حبيباتها أدق تركيبا وأنعم منظرا .

فن هذا ومما قبله يرى مبلغ تأثير الحرارة فى تغيير خصائص الأنواع المتوسطة والناشفة من الصلب . وقد علل بعض الباحثين هـذا التغير بأن الكربون الداخل فى تركيب الصلب يوجد على حالة من اثنتين وهما : الحالة الأسمنتية Cement state والحالة الناشفة Hardening state وأن الكربون ينتقل من الحالة الأولى الى الثانية اذا رفعت درجة حرارة الصلب والعكس بالعكس . فاذا أخذت قطعة من الصلب المتوسـط أو الناشف ورفعت درجة حرارتها فانها تمر أثنـاء تسخينها بدرجة يبطؤ عندها معـدل التسخين و ينتقل الكربون فيها من الحالة الاسمنتية الى الحالة الناشفة . ولنرمز لهـذه الدرجة بالحرف (ب) كذلك اذا بردت هذه القطعة من درجة أعلى من (ب) فانها تمر أثناء تبريدها بدرجة يبطؤ عندها معدل البرودة و ينتقل فيها الكربون من الحالة الناشفة الى الحالة الاسمنتية ولنرمز لهذه الدرجة بالحرف (س) .

وقد ثبت من التجارب العديدة التى قام بهـا الباحثون أن درجة الحرارة عند (س) أقل من درجة الحرارة عند (ب) كما ثبت أيضا أن الصلب عند مروره بالدرجة (ب) يكون فى أحسن حال ملائمة للتقسية حيث تصبح حبيبات مكسرة أدق وأنعم منهـا عند أية درجة أخرى . فان أجريت التقسية عند هذه الدرجة فانه يكون فى أعلى درجات نشوفته ، وأعلى درجات مقاومته للشد . وعلى ذلك اصطلحوا على تسمية (ب) بدرجة الحرارة الحرجة وعرفوها بأنها درجة الحرارة التى ينتقل فيها كربون الصلب من الحالة الأسمنتية الى الحالة الناشفة . و يكون الصلب عندها فى أحسن حالة ملائمة للتقسية . أما اذا سخن الصلب لدرجة حرارة أعلى من (ب) فان حبيباته تفقد نعومتها ودقة اندماجها ، وتصبح خشنة براقة . فان أجريت تقسية الصلب عندئذ بتسخينه الى هذه الدرجة العالية ثم غمره فى المـاء البارد ليبرد بجأة فانه يصير هشا .

ولكل نوع من الصلب درجة حرارة حرجة خاصــة به يمكن تعيينها بدقة فى المعامل الكيمائية مع العناية التامة ، و يمكننا أن نطلق عليهـا اسم درجة الحرارة الحرجة النظرية . لكن فى المصانع أثناء تسخين الصلب فى الأفران أو الأكوار تتكون على سطحه قشرة خفيفة من الأوكسيد تعوق فعل الحرارة نوعا ما فلا يحصل التغير فى كربونه إلاّ فى درجة حرارة أعلى قليلا من الدرجة النظرية والدرجة الحرجة العملية هى التى تهمنا . والجدول الآتى بعد يبين درجات الحرارة الحرجة العملية لبعض أنواع الصلب الناشـف المستعملة فى صنع الأدوات القاطعة وما شابهها .

وقـد أثبتت التجارب المتكررة أنه اذا زادت حرارة التسخين عن درجة الحرارة الحرجة فى الأقلام القاطعة والمثاقيب والسنابك والأجنات وغيرها من العدد أثناء عملية التقسية فانها تفقد من ٤ الى ٥ فى المـاء من جودتها لكل ٥٠° مئوية زيادة فى التسخين :

النسبة المئوية للكربون	درجة الحرارة الحرجة العملية		اللون المقابل لدرجة الحرارة
	مئوية	فهرنهيت	
١٫٥٠٠	٧٣٠	١٣٤٦	أحمر قاتم
١٫٢٥٠	٧٣٠	١٣٤٦	»
١٫١٢٥	٧٥٠	١٣٨٢	أحمر متوسط
١٫٠٠٠	٧٦٠	١٤٠٠	»
٠٫٧٨٥	٧٨٠	١٤٣٦	أحمر
٠٫٧٥٠	٧٨٠	١٤٣٦	»

كذلك أثبتت التجارب أن هناك درجات حرارة خاصة أعلى قليلا من درجات الحرارة الحرجة تلائم كل نوع من الصلب عند تسخينه لطرقه بحيث اذا زادت عن ذلك أتلفت الصلب أو أضعفت تركيبه . والجدول الآتى يبين درجات الحرارة الملائمة للطرق لبعض أنواع الصلب :

النسبة المئوية للكربون فى الصلب	درجة الحرارة مئوية
١٫٥٠٠	٨٢٥
١٫٢٠٠	٨٢٥
١٫١٢٦	٨٥٠
١٫٠٠٠	٨٥٠
٠٫٩٠٠	٨٥٠
٠٫٧٥٠	٨٥٠
٠٫٦٠٠	٩٥٠

ومن المهم جدا عدم طرق الصلب على درجة حرارة أقل من ٥٧٠° مئوية وهى الدرجة التى يكون فيها لون الصلب أحمرا ضاربا للبنى . لأنه إن طرق على درجة أقل من هـذه تتكون فيه جهود موضعية من تأثير الطرق تسبب فيه عيوبا وتجعله معرضا للكسر عند تقسيته أو عند استعماله كعدة قاطعة .

وفى المعامل الكبيرة التى توجد فيها أفران خاصة بعمليات التسخين تعرف درجات الحرارة المختلفة بواسطة البيرومترات السابق شرحها فى الفصل الثانى

أما فى المصانع الصغيرة والورش التى تجرى فيها عمليات التسخين على أكوار الحدادة أو الأفران الصغيرة أو ما شابه ذلك فتعرف درجات الحرارة من الألوان المقابلة لها والتى تظهر على قطع الصلب أثناء التسخين . وهذا يستدعى بالطبع تمرينا خاصا ومهارة كبيرة من قبل العمال .

ومن الجدول الآتى يمكن الحكم بالتقريب على درجات الحرارة بالنسبة للألوان :

اللون	درجة الحرارة المئوية المقابلة للون
الاحمرار البادئ	°٥٠٠ — ٦٠٠
أحمر قاتم	°٧٠٠ — ٧٥٠
أحمر	٨٥٠ — ٨٢٥
أحمر فاتح	٧٢٥ — ٨٧٥
أحمر زاهى	٩٠٠ — ٩٥٠
برتقالى قاتم...	٩٥٠ — ١٠٠٠
برتقالى فاتح...	١٠٠٠ — ١٠٥٠
ليمونى	١١٠٠ — ١٢٠٠
أبيض...	١٢٠٠ — ١٣٠٠
أبيض زاهى	١٥٠٠ — ١٦٠٠

العمليات الحرارية التى تجرى على الصلب — بعد أن يسخن الصلب فى أكوار الحدادة أو الأفران ، وبعد طرقه ليأخذ أشكاله النهائية يلزم أن تجرى عليه بعد ذلك بعض عمليات حرارية أخرى تغير من خصائصه وتجعله صالحا للعمليات التى تتلو التشكيل وللأغراض التى سيستخدم فيها .

وهذه العمليات هى : التسوية . التقسية . المراجعة . التخمير .

التسوية — وتشبه التخمير كثيرا ، وهى عملية تتبع عادة عملية الطرق والتشكيل مباشرة . فالمشغولات الصلبية بعد أن تسخّن على الأكوار وتطرق لتأخذ أشكالها المطلوبة تترك حتى تبرد . لكن نظرا لأن الطرْق لا يكون بنسبة واحدة فى جميع الاجزاء فان تركيب حبيبات الصلب وكثافتها يتغير فى كل جزء تبعا لمقدار الطرق الذى وقع عليه . وعند التبريد تبرد الأجزاء الرقيقة قبل الأجزاء السميكة فتحدث فى المشغولات جهودا موضعية تجعلها عرضة للكسر أثناء العمليات التالية . فلإعادة الإنتظام فى تركيب الحبيبات ولإزالة هذه الجهود الموضعية يلزم أن تجرى على المشغولات عملية التسوية. وتتلخص فى إعادة تسخين المشغولات الصلبيه إلى درجة الحرارة الملائمة لكل نوع من الصلب المصنوعة منه ، وذلك بوضعها فى الأكوار أو الأفران مدة كافية حتى تسرى الحرارة إلى جميع أجزائها الداخلية ثم تخرج من النار وتترك لتبرد بسرعة معتدلة فى الهواء .

ودرجات الحرارة الملائمة للتسوية لبعض أنواع الصلب هى كما يأتى :

النسبة المئوية للكربون فى الصلب	درجة الحرارة المئوية
١,٣٥	°٨٤٠ — °٨٦٠
١,٢٠	°٨٤٠ — °٨٦٠
١,٠٥	°٨٠٠ — °٨٢٠
٠,٩٠	°٨٠٠ — °٨٢٠
٠,٧٥	°٨٠٠
٠,٦٠	°٨٠٠

ملحوظة — بعض المصانع يكتفى باعادة التسخين الى درجة حرارة تختلف من ٧٥٠ — °٧٦٠ مئوية فقط تبعا لكمية الكربون الموجودة فى الصلب .

التقسية — وتسمى عند الصناع (السّقيّة) ، ومعناها زيادة نشوفة الصلب أى صلابته . والغرض منها جعل الصلب أنشف حتى لا يتآكل بسرعة إذا استعمل كعدة لقطع أو لتشكيل غيره من المعادن ، أو إذا استعمل فى أى غرض آخر يستدعى احتكاك هذا الصلب بالمعادن الأخرى .

وتتخلص عملية التقسية فى تسخين الصلب إلى درجة الحرارة الحرجة ، ثم تبريده بغتة بغمره فى سائل فيكتسب نشوفة أشد كثيرا مما كانت فيه من قبل . وعملية التقسية تجرى عادة على المشغولات عقب عمليتى التشكيل والتسوية .

ويمكن تقسية أى نوع من أنواع الصلب المتوسط أو الناشف لأية درجة مطلوبة من النشوفة تبعا لنوع السائل الذى يبرد فيه بعد تسخينه الى درجة الحرارة الحرجة . فمثلا ، تبريد الصلب بغمره فى زئبق أو أى سائل جيد التوصيل للحرارة يجعله أنشف وأكثر هشاشة مما لو غمر فى الماء الذى يعتبر موصلا رديئا نوعا للحرارة، بينما التبريد بالزيت ينتج نشوفة أكثر اعتدالا من التبريد بالماء . لأن الزيت موصل ردىء للحرارة . وبعبارة أخرى يمكن أن يقال ان درجة النشوفة التى تعطى لأية قطعة من الصلب أثناء عملية التقسية تتوقف على معدل السرعة فى تبريدها فكلما زادت سرعة التبريد زادت النشوفة والعكس بالعكس .

والسوائل التى يغمر فيها الصلب لتبريده أثناء عملية التقسية هى :

(١) الزئبق — ويعطى الصلب درجة شديدة من النشوفة والهشاشة .

(٢) الماء البارد العذب أو الماء البارد المذاب فيه قليل من ملح الطعام — يعطى درجة من النشوفة والهشاشة أقل قليلا مما يعطيها الزئبق

وكلما كان المـاء أنقى وخاليا من الأملاح أو الأحماض أو المواد الغريبة كان مفعوله فى التقسية أكثر اعتدالا ، وعلى ذلك فالمـاء المقطر هو أحسن أنواع المـاء فى عملية التقسية .

(٣) الزيت أو المـاء الساخن — يعطى درجة نشوفة أقل من جميع السوائل السابقة . والتبريد بالزيت لا تعقبه هشاشة ويزيد فى مرونة الصلب وفى مقاومته للشد ، ولذلك يستعمل بكثرة فى تقسية أنواع اليايات والمناشير التى تكون معرضة للاهتزازات الكثيرة ، والتى يشترط فى صنعها الجمع بين المرونة ودرجة معتدلة من النشوفة . وأحسن أنواع الزيوت لهذا الغرض هو زيت بذرة القطن ويليـه زيت الحوت ثم البرافين والجلسرين ثم بعض الزيوت النباتية أو المعدنية. وتسخين الصلب إما أن يكون فى أفران وقودها الفحم الحجرى أو الزيت أو الغاز ، واما أن يكون فى أكوار الحدادة . والأفران أفضل كثيرا من الأكوار لأنه يمكن فيها قراءة درجات الحراة بدقة بواسطة أجهزة البيرومترات . أما فى حالة الأكوار — وهى المستعملة بكثرة فى البلاد المصرية — فيحسن أثناء التسخين أن يكون الوقود المستعمل فيها هو الفحم الكوك أو الفحم النباتى والأخير أفضل كثيرا لنقائه ونظافة لهبه ولعدم احتمال وجود أوساخ فيه تنتقل منـه الى الصلب . ويلزم أن يجرى التسخين ببطء فى مبدأ الأمر حتى تسرى الحرارة الى جميع أجزاء القطعة المطلوب تسخينها ثم بعـد ذلك ترفع حرارتها بسرعة الى الدرجة اللازمة بشرط ألاّ تزيد حرارة أحرافها عن باقى جسمها .

وعلى العموم يلزم أن يراعى فى تسخين الأقلام القاطعة وما شاكلها أثناء عمليات التقسية النقط الآتية :

(ا) عدم تسخين الصلب أكثر من اللازم .

(ب) عدم تسخين الصلب بسرعة .

(ج) عدم ترك الصلب فى النار مدة طويلة .

(د) تسخين جميع أجزاء الصلب بنسبة واحدة بما ذلك القلب ، وعدم الاقتصار على تسخين الغلاف الخارجى فقط . فشدة التسخين ينتج عنها احتراق الصلب . والاحتراق معناه تكون أوكسيد الحديد فى الصلب فيتلفه ويجعله غير صالح للعمل . وزيادة التسخين البسيطة يمكن علاج تأثيرها إلا أنها تقلل جودة الصلب .

وسرعة التسخين ينتج عنها تمدد وانكماش غير منتظم فى الصلب .

وترك الصلب مدة طويلة فى النار ينتج عنه اختزال الكربون من بعض أجزاء سطح الصلب فلا تقسو عند غمرها فى السائل . وعلى ذلك يصبح الصلب عديم الفائدة إلا اذا أزيلت منه الطبقة التى فقدت كربونها على حجر الجلخ أو حجر المياه أو بالمبرد .

والتسخين بدرجة مختلفة يجعل بعض أجزاء الصلب أسخن من البعض الآخر فلا تنكمش بالتساوى أثناء غمرها فى السائل فتتصدع .

ويلزم بعد تسخين الصلب عدم مسكه بملقط بارد أو مبتل بل يلزم أن يكون الملقط ساخنا لدرجة الاحمرار القاتم ، وأن تكون حواف فكّيه حادة حتى يكون موضع التماس بين الملقط والصلب صغيرا جدا . فاذا لم يكن كذلك فإن جزء الصلب الممسوك بين فكّى الملقط لا يبرد بنفس السرعة التى تبرد بها

بقية أجزائه عند غمره فى السائل فينتج عن ذلك انكماش غير متساو ويتصدع الصلب .

ويلزم أن يوضع سائل التبريد قريبا جدا من الفرن أو الكير وأن تكون كميته وافرة وافية بالنسبة لحجم قطعة الصلب المطلوب تبريدها . ويحسن أن يكون هذا السائل جاريا غير آسن لنضمن درجة حرارة منتظمة فيه .

والقطعة المطلوب تقسيتها يلزم أن تكون على قدر الإمكان خالية مما يأتى :

(١) خدوش عميقة .

(٢) علامات زنبه أو ثقوب غير ناعمة .

(٣) زوايا أو نتوءات حادة زيادة عن اللازم .

لأن وجود هذه الأشياء فى الصلب تجعله عرضة للكسر عند التقسية ويبدأ الكسر عادة فيها . كذلك يلزم أن يكون الصلب المعد للتقسية نظيفا وجافا جدا قبل وضعه فى النار .

المراجعة — إن تقسية الصلب بغمره فى الماء البارد أو الساخن هى أكثر الطرق استعمالا فى جميع الورش لاسيما فى القطر المصرى، وذلك لرخص تكاليفها وسهولتها وسرعة أدائها ، ولكن التقسية بهذه الطريقة تجعل الصلب ناشفا جدا لدرجة أنه قد يخدش الزجاج كما أنها تجعله هشا غير قادر على مقاومة الصدمات والاهتزازات .

وبما أن أغلب الصلب الناشف هو الذى يستعمل بعد تقسيته فى الأقلام والعـدد القاطعة واليايات وما شاكلها من الأدوات المعرضة للإهتزازات أثناء أدائها لعملها فلابد من إجراء عملية عليها تزيل منها هذه الهشاشة وتعطيها درجة من النشوفة تتفق ونوع العمل المطلوب منها . فالعملية الأخيرة تدعى المراجعة ويقصد منها ازالة النشوفة الزائدة والهشاشة والجهود الموضعية من أغلب العدد وجعل حدها القاطع فى درجة من النشوفة تمكنها من أداء عملها على الوجه الأتم دون أن تتكسر بسرعة ، فما سبق يرى أن عملية المراجعة تتبع دائمـا عملية التقسية فى أغلب الأقلام والعدد القاطعة ومن ذلك يمكننا أن نقرر ما يأتى :

لمراجعة أى عدة مصنوعة من الصلب الناشف يلزم تقسيتها أولا بتسخينها الى درجة الحرارة الحرجة وغمرها فى المـاء . ثم تجرى عليهـا عقب ذلك مباشرة عملية المراجعة بتسخينها مرة ثانية . فان كانت كبيرة تسخن فى أفران خاصة وان كانت صغيرة تحمى قطعة من الحديد الى درجة حرارة كافية وتوضع عليها القطعة المراد مراجعتها فترتفع درجة حرارة الأخيرة الى الدرجة الملائمة (وتميز باللون) ثم تغمر فى المـاء أو أى سائل آخر .

ولكل عدة درجة حرارة خاصة يلزم مراجعتها عندها كما أن لكل درجة حرارة لونا خاصا تمتاز به يظهر على سطح العدة فيمكن الاستغناء به عن قراءة درجة الحرارة . وهذه الألوان تنتج عن تكون طبقة من الأوكسيد على سطح الصلب المصقول عند تسخينه ، وتتغير تبعا لدرجة الحرارة .

والجدول الآتى يبين درجات حرارة المراجعة لبعض أنواع العدد والألوان المقابلة لهذه الدرجات :

درجة النشـوفة	درجة الحرارة المئوية	اللون	الاستعمال
ناشف	٢٢٠°	ذهبي فاتح جدا	لأقلام المخارط والمقاشط من الحجم الصغير .
	٢٣٠°	ذهبي فاتح	لسكاكين الفـريزة وأوجه الجواكيش وأسلحة الأمواس .
	٢٤٠°	ذهبي قاتم	للثاقيب والمطاوى ولأقـلام المخـارط والمقـاشط من الحجم الكـبير وللأسطمبات .
	٢٥٥°	أصفر ضارب للسمرة ...	للسنابك وذكورولقم القلاووظ والمقصات وكساتير الفـارات ولعـدد النجارة القاطعة .
	٢٦٥°	بنى ضارب للحمرة ...	لعدد قطع الأحجـار والبراغل والدفرات والأسطمبات .
متوسط	٢٧٥°	ارجوانى	للبلط والفؤوس ومقاطع الحداد وبريمة النجار والسكاكين
	٢٨٥°	ارجوانى ضارب للزرقة	للأزاميل ومقاطع الحـداد والأجنات والسيوف وزمبركات الساعات .
	٢٩٥°	أزرق قاتم...	للفكات والمناشير الدقيقة ومقاطع الحداد التى تقطع على البارد .
	٣١٠°	أزرق فاتح	للبايات والمناشير اليدوية .
طرى	٣٣٠°	سنجابى	لا يصلح لشىء .

والألوان الارجوانية تعرف عند الحدادين بجناح الدبور

ولكى تظهر هذه الألوان بوضوح تام يلزم أن يكون سطح الصلب خاليا من الأوساخ والقشور ، وعلى ذلك يجب أن ينظف جيدا بأن يدعك بقطعة حجر أو صنفرة حديد حتى ينصقل .

طرائق التقسية والمراجعة — تختلف طرائق التقسية والمراجعة تبعا لنوع العدة وشكلها . وتبعا للجزء المطلوب تقسيته ومراجعته منها ، فبعض العدد تقسى كلها و بعضها يقسى جزء كبير منـه والبعض الآخر يقسى جزء صغير منه . وعلى ذلك سنضرب هنا بعض الأمثلة للطرائق المختلفة للتقسية والمراجعة :

١ — العدد التى يجب أن تكون قساوتها واحدة فى جميع جسمها :

(أ) تقسية ومراجعـة سكينة فريزة مصنوعة من الصلب النـاشف شكلها اسطوانى وقطرها ٣ بوصات وسمكها ٤ بوصات وفى منتصفها ثقب مستدير قطره ١,٢٥ بوصة — أضمن طريقة لتقسية هـذه السكينة هو تسخينها لدرجة الاحمرار القـاتم ، ثم تبريدها بغمرها فى الزيت المغلى وحينئذ يستغنى عن المراجعـة . لكن اذا كان الزيت غير متوافر تقسّى السكينة بتسخينها ببطء وعناية الى درجة الاحمرار القاتم وتغمر فى المـاء الدافئ وتترك فيه حتى تبرد بشرط ألّا تلامس الهواء لا سيما إن كان أبرد من المـاء المغمورة فيه ، لأنها تتصدع من جراء ذلك . و بعد إخراج السكينة من المـاء تدعك بقطعة حجر أو بصنفرة حديد ثم تراجع بوضعها على سيخ ساخن يمر من ثقبها المتوسـط وتعرض للهب ضعيف نظيف مع تحريكها بحركة دائرية حتى تسـخن وتأخذ ألوان المراجعة فى الظهور عليها فعند ظهور اللون المنـاسب تغمر حالا فى المـاء الدافئ مرة ثانية وتترك حتى تبرد .

(ب) تقسية ومراجعة ياى خوصة ثقيل كياى عربات السكة الحديد وعربات النقل الخ — يسخن الياى على كير الحداد (بحيث تشمله النار بأجمعه) الى درجة الاحمرار القاتم ، ثم يغمر فى الماء على شرط أن يسحب منه قبل أن يبرد تماما ، وبعد سحبه ينقل مرة أخرى الى الكير بعد أن تخفف ناره بتقليل تيار الهواء فيه . ويمر الياى على هذه النار جيئة وذهابا حتى يسخن بانتظام فى جميع أجزائه فاذا ما سخن الى درجة الحرارة الموافقة للراجعة يرفع ثم يوضع فوق أرضية جافة ليبرد . واذا وضع الياى فى غرفة مظلمة بعد رفعه من النار مباشرة يرى أن لونه آخذ فى الانقلاب من السواد الى الاحمرار .

ودرجة حرارة المراجعة لهذه اليايات تعرف عادة فى الورش الصغيرة بامرار قطعة جافة من الاخشاب الصلبة كالبلوط وخلافه على طول الياى مع تسليط ضغط بسيط عليها فان تطاير من قطعة الخشب شرر كان دليلا على أن الياى قد ارتفعت حرارته الى درجة المراجعة المطلوبة .

(ج) تقسية ومراجعة اليايات الخوصة الخفيفة — تقسى هذه اليايات بدون استثناء بغمرها فى الزيت بعد تسخينها . فاذا كان الياى المطلوب تقسيته ومراجعته مثلا على شكل خوصة (طولها ٥ بوصات وعرضها $\frac{٣}{٤}$ بوصة وسمكها $\frac{١}{١٦}$ من البوصة) يسخن ثم يغمر فى الزيت المغلى ، ولمراجعته يرفع من الزيت ويمسك فوق النار حتى يلتهب الزيت المتبقى على سطحه وعندها يرفع من النار ويترك ليبرد . وأحسن طريقة لتبريده هى وضعه على غربال من

ســلك حتى يبرد بانتظــام فى جميع أجزائه . ويستحسن بعض الحــدادين تكرار عملية الغمر فى الزيت والوضع على النار دفعتين أو ثلاث دفعات ضمــانا للراجعة . كما أن بعض الحدادين يتبع طريقة أخرى فى المراجعة وذلك بتنظيف الياى بعد رفعه من الزيت ثم يوضع على النار أو على قطعة صاج ساخنة جتى ينقلب لونه الى أزرق قاتم وعندها يبرد بالطريقة السابقة .

(د) تقسية ومراجعة ياى حلزونى صغير — الطريقة مشابهة تماما لمــا سبق بيانه فى (ج) فقط تحتاج لعناية زائدة لانه اذا وضع الياى الحلزونى فى النار مباشرة فانه ينحنى عنــد تسخينه بتأثير ثقله . وأحسن طريقة هى وضع الياى حول سيخ فى جميع أدوار العملية.

(هـ) تقسية ومراجعة العدد الصغيرة — تسخن هذه العدد إلى درجة الاحمرار وتغمر فى المــاء ثم تدعك بقطعة حجر أو صنفرة حديد وبعدها تراجع بوضعها على قطعة صاج ساخنة لدرجة الاحمرار حتى يظهر عليها اللون المناسب ، ثم تغمر فى المــاء أو توضع فى رمل ساخن حتى تبرد . والمراجعة بالرمل أحسن كثيرا من المراجعة بالمــاء .

(٢) العدد المطلوب تقسية ومراجعة جزء صغير منها فقط :

مثل الأقلام القاطعة للخارط والمقاشط والمثاقيب والأجنات الخ — يسخن جزء كاف من العدة فى النار إلى درجة الحرارة المناسبة ثم يغمر الجزء المطلوب تقسيته أو أكثر منــه قليلا فى المــاء بحيث يكون الغمر تدريجيا ، فيلمس الحد القاطع المــاء أولا ، ثم يتبعه باقى الجزء المطلوب تقسيته ، ويحــرك هذا الجزء باستمرار لأعلى ولأسفل حركة غير منتظمة فيبرد ويقسو جدا ، ثم

ترفع العـدة من المـاء وينظف الجزء القاسى منهـا بدعكه بقطعة حجر حتى يلمع ، وعندئذ تسرى الحرارة اليه من باقى جزء العدة الساخن ، وتأخذ ألوان المراجعة فى الظهور عليه بالتوالى ، فعنـد ظهور اللون المناسب يغمر فى المـاء ثانيا ، فيكتسب درجة النشوفة الموافقة له .

(٣) العِدَد المطلوب تقسية ومراجعة جزء كبير منها :

كذكور القلاووظ مثلا — فالجزء المطلوب تقسيته ومراجعته منها هو الجزء المقلوظ فقط ، أما الجزء المربع فيترك بدون تقسية ، وذكر القلاووظ بعد أن يخلق فيه السن القاطع يُقسّى بالطريقة المعتادة ، وبعدها يدعك ويصقل ثم يؤتى بماسورة قصيرة قطرها من الداخل أوسع قليلا من قطر الذكر ، ويوضع طرفها فى النار حتى يسخن إلى درجة الاحمرار القاتم ، وفى خلال ذلك يمسك الذكر من القطعة المربعة بواسطة لقط ساخن لدرجة الاحمـرار فتسرى الحرارة من اللقط إلى الذكر ، حتى إذا ما أخذ اللون الذهبى الفاتح يظهر على سطح الجزء المربع للذكر يوضع الأخير داخل المـاسورة حتى يظهر على الجزء المربع منه اللون الأزرق الغامق ، وحينئذ يكون لون الجزء المقلوظ ذهبيا غامقا ، وعندها يسحب الذكر من المـاسورة ويغمر فى المـاء فتكون درجة نشوفته هى المطلوبة .

وهناك طرائق أخرى كثيرة للمراجعة لا يتسع لها هذا الكتاب ، ويلاحظ عند تقسية العِـدَد اللامعة مثل ذكور القلاووظ ولقمها وسكاكين الفريزة والبراغل الخ أنه يحسن المحافظة على لونها اللامع أثناء التقسية ، ويمكن الوصول لذلك بسهولة بتغليف العدة قبل وضعها فى النار بصابون طرى أو دقيق شعير معجون أو رواسب دنان تخمير البيرة . ففى حالة الصابون لا خوف من وضع العـدة مباشرة فى النار بعد تغليفها بالصابون ، لكن فى المـادتين الأخيرتين

يجب تجفيف المـادة التى فوق سطح العدة قبـل وضعها فى النار لانها إن وضعت وهى مبتلة يتجمع عليها تراب الكير و يلتصق بها فيجعلها قذرة جدا.

طرائق التسخين للتقسية — هناك عدة طرائق لتسخين القطع الصـلبية عند تقسيتها ، وتتعلق هذه الطرائق على نوع وحجم القطع ؛ فللقطع الكبيرة تستعمل أفران خاصة وقودها الغاز أو الفحم الحجرى أو الكوك ومعظمها من النوع ذى الجذب الطبيعى وفيها لا يمس اللهب القطع الصـلبية ، وتقاس درجة الحرارة فيها بأجهزة البيرومترات . أما فى الورش الصغيرة فيستعمل فرن كالمبين بشكل (٣١) السابق شرحه — وفى العادة تقلب القطع داخل هذه الأفران من آونة لأخرى حتى نضمن تسخينها بدرجة واحدة، وهذه الأفران مستعملة بكثرة فى تقسية يايات السكك الحديدية والسيارات والعربات . ومن عيوب بعضها تعريض القطع الجـارى تسخينها للهواء اللازم لاحتراق الوقود .

أما القطع الصغيرة فتسخن فى معدن الرصاص المنصهر وعلى الأخص القطع الصغيرة جدا كأزرار (بنوز) المحركات الصـغيرة ، وفى العادة توضع تلك القطع فى إناء من الصلصال على مصفاة تغمر فى الرصاص المنصهر بعد تسخينها مبدئيا على نار هادئة حتى لا تمدد بسرعة إن غمرت فى الرصاص وهى باردة. و يغطى سطح الرصاص المنصهر عادة بمسحوق من الفحم لمنع تأكسد الأول.

أما فى الورش الصغيرة التى تقسى أجزاء صغيرة فى فترات محدودة فتستعمل للتسخين طرائق عدة منها : التسخين داخل ماسورة، وذلك بأن توضع القطعة فى ماسورة أوسع بقليل من حجم القطعة ثم تسخن على نار هادئة مع الاستمرار فى تحريك المـاسورة بحركة دائرية حتى يضمن بقدر الإمكان تسخينها بدرجة واحدة ، كذلك يستعمل حمام الرمل الساخن كأداة للتسخين عند المراجعة .

وعلى العموم لا يمكن حصر طرائق التسخين العدة فى هـذا الكتاب وقد اكتفينا بذكر ما سبق .

وقبل أن نترك هـذا الباب يجب أن نذكر أن ثانى نقطة مهمة فى عملية التقسية هى طريقة غمر القطع فى المـاء أو الزيت فيجب دائما أن تغمر القطع بطولها خوفا من التوائها أوفتلها، فمثال ذلك عند غمر ذكر قلاووظ فى السائل يجب أن يغمر رأسـيا مبتدئا بالطرف المقلوظ أولا وأن يستمر فى الغمر الى الطول المطلوب .

وهناك بعض أنواع من الصلب تقسى بتبريدها فى تيار من الهواء .

التخمير — ومعناه التطرية وهو عكس التقسية إذ بواسطته يمكن جعل الأنواع الناشفة من الصلب طرية فيمكن تشكيلها بسهولة على المخارط والمقاشط وما شابهها من آلات التشكيل .

وتتلخص عملية التخمير فى تسخين الصلب الناشف فى الأفران أو الأكوار لدرجة الاحمرار الفاتح (من ٨٢٥° — ٨٥٠°) تبعا لنسبة الكربون فيه ثم إخراجه وتركه يبرد ببطء شديد فى الهواء أو فى الرماد أو أى مسحوق آخر ردىء التوصيل للحرارة فيصبح طريا . ويلاحظ أنه كلما طال الزمن الذى يستغرقه التبريد كان الصلب المخمر أطرى . ومن هذا يرى أن مشغولات الصلب الناشف التى تشكل مبدئيا بواسطة الحداد بتسخينها على الكير ثم طرقها الى الأشكال المطلوبة تخمر من تلقاء نفسها أثناء عملية التشكيل. أما المشغولات التى تشكل مباشرة على آلات التشكيل دون أن تمر بالحداد فيلزم تخميرها أولا حتى يمكن تشكيلها بسهولة على هذه الآلات دون أن تتلف الأقلام القاطعة . وللتخمير زيادة على ذلك فائدة أخرى إذ يمكن بواسطته أن تستعيد المشغولات الصلبية أو الحديدية التى تقسو من الاستعمال جزءا من مرونتها فتقوى على تحمل

الصدمات والاهتزازات دون أن تنكسر فمثلا جنازير الأوناش (سلاسلها) تفقد عادة جزءا كبيرا من مرونتها من كثرة الاستعمال ، فيمكن اعادة هذه المرونة اليها من وقت لآخر بواسطة التخمير . لكن العلاج بهذه الطريقة يشبه كثيرا ما سبق ذكره فى عملية التسوية . والواقع أن هاتين العمليتين تتشابهان جدا لدرجة أن كثيرا من الكتب تخلطهما معا وتجعلهما عمليـة واحدة بيد أن أحدث الآراء الفنية تفرق بينهما بدعوى أن التسوية تأتى بعـد التشكيل بواسطة الطرق وتستلزم التبريد بسرعة معتدلة بعـد التسخين لإزالة الجهود الموضعية من المعدن ، بينما التخمير يقتضى التبريد ببطء شديد لتطرية المعدن توطئة لتشكيله على الآلات .

طرائق التخمير — وتختلف باختلاف نوع المشغولات وعددها فان كان المطلوب تخمير قطعة واحدة فانها تخمر بالطرق الآتية :

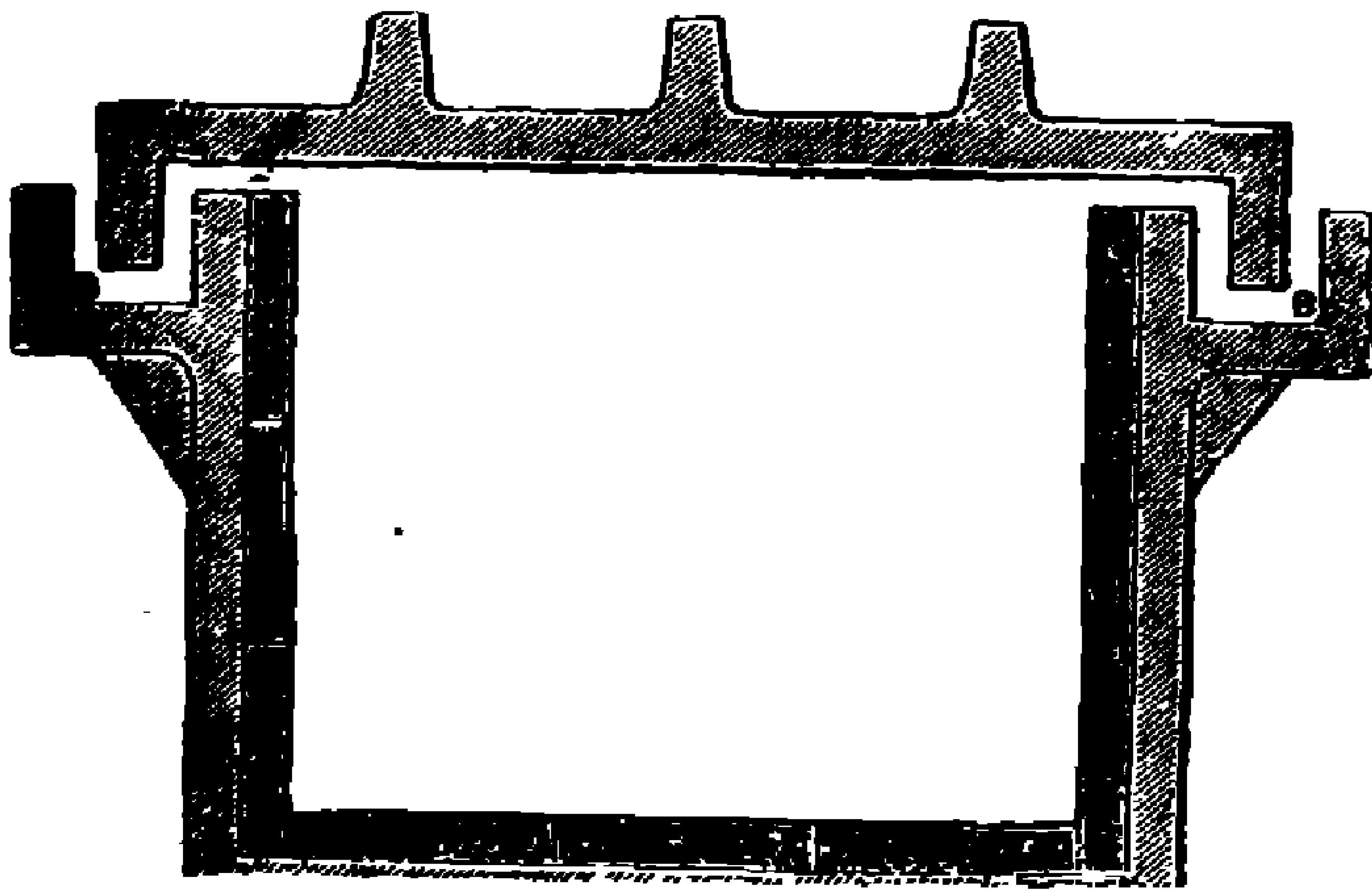
(١) تسخن القطعة إلى درجة الاحمرار ثم تترك فى الهواء الساكن حتى يصبح لونها أسود ثم تغمر فى ماء به صابون أو قليل من الزيت . ويحاذر فى هذه الطريقة من وضع القطعة فى تيار هواء أو على معدن أو حجر بارد .

(٢) تخمر القطعة بوضعها فى صندوق صغير وتسخينه الى درجة الاحمرار فى كير الحداد ثم تغطيته بفحم الكوك وتركه ليلة كاملة حتى يبرد فتتخمر القطعة .

(٣) تخمر القطعة بدفنها بعد تسخينها إلى درجة الإحمرار فى صندوق ساخن مملوء بالجير المطفى الجاف أو مسحوق فحم الكوك أو الرماد أو الطفل الحرارى "الطين الحرارى الجاف" . ثم تترك فيه حتى تبرد فتتخمر . والجير أفضل من غيره على شرط أن يسخن قبل استعماله حتى ينطرد منه المـاء المحتمل وجوده فيه .

(٤) يمكن تخمير القطع جزئيا اذا كانت مطلوبة بصفة مستعجلة جدا وذلك بتسخينها إلى درجة الاحمرار القاتم (نحو ٦٠٠° مئوية) ثم غمرها فى المـاء الساخن .

أما اذا كان المطلوب تخمير عدد كبير من القطع فى وقت واحد — فأفضل طريقة هى طريقة التخمير المقفل، ويتلخص فى وضع القطع فى صندوق من الحديد كالمبين فى شكل(٥٦) وهذا الصندوق مبطن بالطين الحرارى ومصنوع بكيفية يسهل معها إخراج جميع الهواء منه. ثم يحكم قفل الصندوق بوضع أحرف غطائه فى المجارى المحيطية التى تملأ بالرمل ثم تسد بالطين الحرارى . وبعد ذلك يوضع الصندوق فى فرن وقوده الزيت أو غاز الاستصباح والذى يمكن فيه المحافظة على درجة حرارة ثابتة، ثم يحمى الفرن ببطء حتى تصل حرارته الى درجة تختلف من ٧٢٠° — ٧٧٠° مئوية تبعا لكمية الكربون الموجودة فى القطع المطلوب تخميرها . ويترك الصندوق فى هـذه الحرارة من ساعة إلى أربع ساعات وبعد ذلك تطفأ النار من الفرن وتترك لتبرد ببطء والصندوق داخلها فتتخمر محتوياته .



(شكل ٥٦ — صندوق التخمير)

التخمير اللامع — إذا أريد تخمير قطع مصقولة لامعة من الصلب دون أن تفقد لمعتها فيمكن ذلك بسهولة بوضعها فى صندوق من الطراز السابق، فقط يفتح فى أحد جانبيه ثقب تركب فيه ماسورة طويلة تنفذ خارج الفرن نحو قدمين أو ثلاثة حتى يمكن توصيلها باحدى المواسير العمومية لغاز الاستصباح ويفتح فى الجانب المقابل ثقب آخر قطره نحو ١/٨ بوصة أو أكبر قليلا . ثم يملأ الصندوق بالمشغولات المصقولة ويوضع فى الفرن ويوصل بماسورة الغاز العمومية ويفتح الغاز فيتخلل الصندوق ويهرب من الثقب الصغير

فيوقد عند هروبه منه لكن يلزم التأكد أولا من خروج جميع الهواء من جوف الصندوق قبل إيقاد الغاز خوفا من حصول فرقعة . فاذا ما تم ذلك يحمى الفرن بالطريقة المعتادة فيتخمر الصلب لكن نظرا لكون جميع الهواء قد طرد من قبل وحل محله الغاز فان الصلب لا يتأكسد بل يحافظ على لمعانه.

أفران إعادة التسخين[1] — تستدعى العمليات الحرارية سواء أكانت للتخمير أم للتقسية أم لغير ذلك عناية تامة ، وأن يكون التسخين منتظما ، وألا يتجاوز درجة الحرارة المطلوبة لكل عملية لأنه إن تجاوزها أتلف الصلب أو أنقص من جودته . فهذه الشروط لا يمكن توافرها فى الأكوار العادية لعدم إمكان ضبط درجة الحرارة فيها . وعلى ذلك لا بد من إجراء هذه العمليات فى المصانع الكبيرة فى أفران خاصة تسمى أفران إعادة التسخين وهذه الأفران تجهز فى الغالب ببيرومترات لقراءة وضبط درجات الحرارة .

ولهذه الأفران أهمية خاصة فى تقسية ومراجعة العدد الصغيرة الدقيقة التى إن جاوزت حرارتها الحد المطلوب ببضع درجات أتلفت العدد . لكن أهميتها لا تقتصر على ذلك نظرا لما لها من المزايا الأخرى كانتظام درجة الحرارة فيها أثناء العمليات الحرارية ، وقابليتها لأخذ عدد كبير من العدد فى وقت واحد . ومقدرتها على تسخين كميات كبيرة من العدد المتماثلة المتكررة تسخينا متعادلا أى بدرجة واحدة . فهذه المزايا تجعل استعمال هذه الأفران محتما فى المصانع الكبيرة .

وهذه الأفران اما أن يكون وقودها جامدا كالفحم واما سائلا كالزيوت المعدنية وإما غازيا كغاز الاستصباح . واختيار هذا النوع أو ذاك يتوقف على الاحوال المحلية ورخص الوقود فى منطقة المصانع . لكن الأفران التى

(١) هذه الأفران تستخدم أيضا فى استخراج الأنواع المختلفة من الحديد الخام .

وقودها الزيت أو الغاز أفضل كثيرا من الأفران التى وقودها الفحم لأنه يمكن فى النوعين الأولين ضبط وتنظيم الحرارة بدرجة أدق .

وهذه الأفران منها ما هو من النوع المستور الذى لا يلامس فيه الهواء المعدن ومنها ما يدخله الهواء بحرية . ويمتاز النوع الأول عن الثانى فى سهولة وضع جهاز البيرومتر فيه ودقة ضبطه لدرجات الحرارة كما يمتاز بأن الأشياء المطلوب تسخينها فيه توضع بعيدا عن فعل اللهب فتسخن بفعل الحرارة المتشععة اليها فقط .

أما النوع الثانى فان الأشياء المطلوب تسخينها فيه تسخن بفعل اللهب مباشرة. فان كانت كمية الهواء الداخلة إلى الفرن أزيد من اللازم لاحتراق الوقود فان الزيادة تحدث تأكسدا فى سطح المعدن وتضعف من قوته وقت التقسية .
وعليه يلزم فى هذا النوع ملاحظة ادخال كمية من الهواء أقل مما يلزم للاحتراق .

وهناك أنواع أخرى من الأفران غير الأنواع السابقة تسمى الأفران ذات الحمام بعضها تستعمل فيه أملاح خاصة مجهزة تنصهر على درجات حرارة معينة ، والبعض يستعمل فيه زيوت ذات نقطة اشتعال مرتفعة ، والبعض الآخر يستعمل فيه رصاص نقى خال من الكبريت والمواد الأخرى المضرة . فتوضع هذه المواد فى حمامات (أحواض) الأفران وتوضع العدد المطلوب تسخينها فيها فيضمن انتظام تسخينها . ويلزم أن يراعى فى الأملاح أن تكون منتخبة جيدا حتى لا تتفاعل مع سطح الصلب وتحدث فيه حفرا صغيرة . وفى الزيوت أن تكون درجة اشتعالها مرتفعة حتى لا تشتعل وهى داخل الحوض . أما الرصاص فنظرا لكونه ينصهر على درجة حرارة ٣٣٠° مئوية فيلزم أن يضاف اليه قليل من القصدير أو الأنتيمون لخفض درجة انصهاره وذلك عند استخدام الفرن فى عملية المراجعة .

الفصل الثانى عشر

الأنواع المستحدثة من الصلب

للصلب الكربونى — جميع أنواع الصلب السابق شرحها يطلق عليها فى العرف الصناعى اسم الصلب الكربونى نسبة للكربون الذى هو أهم عنصر فى تركيبها يساعد على تميز بعضها عن بعض ، وقد كان الصلب الكربونى بجميع أنواعه هو المستعمل فى الأغراض الصناعية المختلفة حتى أواخر القرن التاسع عشر لأنه كان يفى بحاجاتها وجميع مطالبها ، لكن تطور الصناعة بعد ذلك تطورا شمل جميع فروعها من ميكانيكية وكهربائية ومعمارية ، وكذلك إختراع السيارات والطائرات وغيرها من الآلات التى تجمع بين السرعة والمتانة وخفة الوزن ومقاومة الصدمات والاهتزازات ، ومقاومة الحرارة جعل من المحتم إيجاد معدن جديد غير الصلب الكربونى تجتمع فيه هذه الصفات كلها فى وقت واحد . وكذلك إيجاد عدد قاطعة شديدة النشوفة تقوم بتشكيل هذا المعدن على آلات التشكيل من مخارط ومقاشط وخلافها. فنشطت المصانع على إختلاف ألوانها إلى عمل تجارب متنوعة ومباحث مستفيضة للوصول إلى المعدن المنشود وجعلت أساس بحثها الصلب الكربونى نفسه فوجدت أن إضافة عناصر معدنية أخرى عليه يعدل من صفاته ويوجد فيه خصائص لم تكن موجودة من قبل . فمثلا إضافة جزء من عنصرى التابجستن والكروم على الصلب يزيد نشوفته وصلابته ومقاومته للثنى والالتواء والحرارة . كما أن إضافة جزء من عنصر الفاناديوم على هذين العنصرين ينشط هذه الخصائص الجديدة ويقويها .

صلب السبائك — وقد ترتب على هذه التجارب والمباحث أن نبتت أنواع جديدة من الصلب تفى بمقتضيات الوقت الحاضر وتجيب مطالب الصناعة الحديثة ، وقد أطلق عليها بصفة عامة اسم صلب السبائك أو الصلب المخصوص تمييزا لها عن الصلب الكربونى . ثم نَعَتَ كل منها باسم خاص اشتق من صفاته البارزة أو من العناصر المهمة الداخلة فى تركيبه .

وإليك أهم هذه الأنواع :

(١) صلب السبائك للمنشئات الآلية — ويشمل جميع الأنواع الخاصة التى تستخدم فى صنع الأجزاء المهمة من المحركات لاسيما ما كان منها يتطلب زيادة فى المتانة ووفرا فى الوزن ومقاومة للصدمات والحرارة وغيرها من الصفات التى لاتتوافر فى الصلب الكربونى . وأهم أنواع هذا الصلب هى :

(ا) الصلب النيكلى العالى — ويشمل جميع الأنواع التى يدخل النيكل فى تركيبها بنسبة ٣ فى المائة أو أكثر . والنيكل يزيد فى صلابة الصلب ومتانته وقابليته للتمدد ومقاومته للحرارة . وتصنع من هذا الصلب صمامات الحر والعادم وشمعات الاشتعال للسيارات والطائرات وكذلك بعض محاور الكرنكات والدناجل .

وإن زادت نسبة النيكل إلى ٣٠ فى المائة فانها تجعل الصلب غير قابل للتآكل بفعل الصدأ والأملاح ، وعلى ذلك تعمل منه سلاسل البواخر والأسلاك الكهربائية البحرية وغيرهما من الأشياء المعرضة لتأثيرات المياه المالحة .

(ب) الصلب النيكلى المتوسط — ويشمل جميع الأنواع التى يدخل النيكل فى تركيبها بنسبة متوسطة أقل مما فى النوع (ا) . ويستخدم

فى صناعة المطروقات المتوسطة المتانة لا سيما ما كان منها خاصا بأجزاء السيارات .

(حـ) الصلب النيكلى الكرومى — ويحتوى على نسبة معتدلة من النيكل تكسبه الصفات السابق شرحها فى (ا) ثم على نسبة أقل من معدن الكروم تزيد فى نشوفته . وأنواع هـذا الصلب تستخدم فى صنع محاور الكرنكات والدناجل والتروس وغيرها من الأجزاء المعرضة للصدمات الشديدة كما فى السيارات والطائرات .

ويستخدم بعض أنواعه أيضا فى صناعة المواسير الداخلية للمدافع السريعة ويكون تركيبه كما يأتى :

كربون ٠,٤ فى المائة . كروم واحد فى المائة . نيكل ٢ فى المائة، والباقى من عنصر الحديد .

وعلى العموم كان من أهم مزايا إضافة النيكل نعومة سطح الصلب فتقلل من الاحتكاك والتآكل .

(٤) الصلب الكرومى الفاناديومى — ويحتوى على نسبة معتدلة من الكروم والفاناديوم . وهو أكثر متانة من الصلب (حـ) ويستخدم فى نفس الأغراض .

ويوجد غير ذلك أنواع أخرى عدة من صلب السبائك للمنشئات أقل أهمية من الأنواع الأربعة السابقة ولا لزوم لذكرها هنا .

(٢) صلب السبائك للأغراض الكهربائية — ويستخدم فى صنع قطع المغناطيس اللازمة للتليفونات وللعدادات الكهربائية ومولدات الشرر وغيرها من الأجهزة الكهربائية التى تحتاج لقطع مغناطيسية دائمة . وتوجد من هذا الصلب أنواع أخرى تصنع منها القطع اللامغناطيسية (أى التى لا تتأثر

بفعل المغناطيس) كزنبركات الساعات ورقاصاتها وأغطية القطع المغناطيسية وغير ذلك .

وأهم المعادن التى تدخل فى تركيب هـذه الأنواع زيادة عن عنصرى الحديد والكربون هى : الكروم والمـانجنيز والتانجستن والموليدينوم والفاناديوم والتيتانيوم والكوبالت .

(٣) الصلب الذى لا يصدأ — وأنواعه تقاوم الصدأ مهما طال تعرضها للهواء بخلاف الصلب الكربونى الذى يصـدأ بسهولة إذا عرض للهواء الرطب ويدخل فى تركيبه الكروم والنيكل والنحاس بنسب مختلفة تبعا لنوع المشغولات المطلوب صـنعها منه . وهو يستعمل فى أغراض شتى ؛ فمنه الطرى القابل للتمدد ، ومنه الناشف المتين ، ومنه مالا يتأثر بفعل المغناطيس كذلك منه مايصنع على شكل ألواح أو مواسير أو أسياخ . وهو قابل للطرق وللضغط وللتخمير وللحام بسهولة ، ويمكن أيضا لحامه بالقصدير أو بمونة النحاس وتصنع منه بعض محابس البخار وريش الدوارات البخارية (الطور بينات) وبعض أجزاء الطلمبات وكباسات الهواء والأجزاء المعرضة للمـاء فى السيارات ، كذلك بعض أنواعه لاتتأثر بالأحماض التى توجد فى الأطعمة والأجسام ، لذلك يعمل منها الآن أحسن أنواع السكاكين والشوك ومشارط الجـراحة واستعمل حديثا فى التعلية الأخيرة لخزان أسوان .

(٤) صلب سرعات القطع العظيمة — ويشتمل على ثلاثة أو أربعة أنواع لكنه يحتوى عموما على كروم من ٢,٥ إلى ٣,٥ فى المـائة وتانجستن من ١٤ إلى ١٧ فى المـائة أو أكثر ويحتوى أحيانا على الفاناديوم ، وتختلف نسب هـــذه المعادن باختلاف نوع الصلب والغرض المطلوب من أجله . ويستخدم هـذا الصلب فى صنع أحسن أنواع العـدد القاطعة من مثاقيب

وسكاكين الفريزات ومقصات مناشير وأقلام للخارط والمقاشط وغير ذلك. وقد سمى بهذا الاسم لكونه يمكن تشغيله بسرعة عظيمة فى القطع فيزداد المحصول الناتج منه .

ويمتاز عن الصلب الكربونى فى أمور كثيرة منها :

(١) نشوفته وتماسكه بحيث يمكنه تشكيل المعادن الناشفة بسهولة على آلات التشكيل .

(٢) مقدرته على إزالة قطع كبيرة وعميقة من المعادن أثناء تشكيله لهـا دون أن يتلف .

(٣) سرعته العظيمة فى القطع بحيث يمكن استخدامه فى أحدث آلات التشكيل السريعة فلا تتلفه السرعة .

(٤) تحمله لدرجات الحرارة العالية دون أن يتلف حده القاطع أو يفقد قساوته مهما ارتفعت درجة حرارته أثناء العمل .

(٥) طول عمره بالنسبة للأعمال التى يؤديها .

(٦) توفيره للقوة المحركة بالنسبة لكمية المعدن التى يقوم بتشكيلها .

فهذه المزايا مكّنت الصـلب المذكور من الحلول محل الصلب الكربونى فى أغلب المصانع الكبيرة ذات الانتاج العظيم ولحـد مافى الورش الصغيرة لأداء أعمال معينة . لكن نظـرا لارتفاع ثمنه كثيرا عن الصـلب الكربونى فليس من الاقتصاد فى شىء استخدامه بصفه عامة فى الورش الصغيرة ذات الإنتاج المحـدود ، ولا استخدامه فى الأعمال العادية التى لاتتطلب سرعة فى الأداء ، كذلك لاداعى لاستخدامه مطلقا فى المشغولات التى لا ترتفع درجة حرارتها كثيرا أثناء تشكيلها، ولا فى صنع الأجنات ولا غيرها من العدد

المعرضة لصدمات متتابعة ، لأن كثافته الشديدة تجعله معرضا للكسر من تتالى الصدمات عليه وربما تتطاير أجزاؤه بشدة فتحدث إصابات خطرة للعمال المشتغلين به . ويستثنى من ذلك فقط الأجنات التى تشتغل بالهواء المضغوط .

ويمكن تمييز هذا الصلب من الصلب الكربونى بوضعهما على حجر الجلخ وهما ناشفان ، فالأخير عند ملامسته لحجر الجلخ يتطاير منه شرر وضاء مستمر بينما النوع الجيد من الأول لايخرج منه شرر بالكلية ، وكلما قلت جودة نوعه يزداد الشرر المتطاير منه ، لكنه لايبلغ قط مبلغ الصلب الكربونى.

أما العمليات الحرارية التى تجرى على هذا الصلب فبسيطة إذا روعى فى أدائها قليل من العناية ، وإلا فالنتيجة المحققة هى التلف التام . وتلافيا لذلك تصدر مصانع هذا الصلب نشرات وافية بالتعليمات الواجب اتباعها فى العمليات الحرارية . وقد راجعنا بعض هذه النشرات كما استأنسنا برأى عدد غير قليل من مهرة الحدادين فى الورش المصرية فوجدنا أنه يمكن وضع القواعد العامة الآتية :

(ا) يسخن الصلب أولا على النار قبل وضعه فيها ثم ترفع حرارته بعد ذلك تدريجيا للدرجة المطلوبة . والسبب فى ذلك يرجع إلى أن هذا الصلب شديد الكثافة فتستغرق الحرارة وقتا طويلا حتى تسرى إلى جوفه ، فاذا وضع فى النار دفعة واحدة وهو بارد فان سطحه الخارجى يتمدد أكثر من قلبه ويترتب على ذلك حصول تشقق فى سطحه أو عيوب فى جوفه قد لاترى بالعين لكنها تسبب انكسار الصلب عند استعماله .

(ب) لتشكيل أية عدة من هذا الصلب يسخن الصلب ببطء فى الأفران أو الأكوار حتى يصبح لونه برتقاليا (من ٩٨٠° — ١٠٥٠°)

مئوية وفى بعض الحالات ليمونيا (١١٠٠°) مئوية تبعا لجودة الصلب وللشغولات المطلوب صنعها منه ، و بعدها يطرق بالمطارق اليدوية أو الآلية للشكل المطلوب بحيث يوقف الطرق إذا نزلت الحرارة إلى درجة الاحمرار (٨٥٠°) مئوية ، وعند انتهاء الطرق تترك العدة فى الهواء الساكن الخالى من التيارات ، أو تدفن فى الجير أو الرمل حتى تبرد ببطء فتخمر ، وعندها يكمل تشكيلها على حجر جلخ جاف أو حجر سن مياه وأحيانا بالمبرد . و يستحسن بعض المصانع إعادة تسخين العدة بعد طرقها وقبل تخميرها لإزالة الجهود الموضعية الناتجة من عملية الطرق .

(ح) العدد التى تصنع عادة بواسطة الحداد كأقلام الخارط والمقاشط و بعض أنواع المثاقيب وما شاكلها تقسى بالطريقة الآتية :

بعد تشكيل العدة بالطريقة المبينة فى (ب) يوضع حدها القاطع فى نار الكير و يسخن ببطء وانتظام حتى درجة الاحمرار (من ٨٥٠° — ٩٥٠°) مئوية تبعا لنوع العدة وجودة الصلب ، ثم يسخن بعد ذلك بسرعة إلى درجة الحرارة البيضاء (١٣٠٠°) مئوية[1] و بعد ذلك ترفع العدة من النار وتبرد بتعريضها لتيار من الهواء البارد فتقسو .

وتيار الهواء اللازم للتقسية يولد عادة بواسطة مراوح يختلف ضغطها من ٣ إلى ٤ أرطال على البوصة المربعة ، ولها بورى (بوق) أوسع قليلا من قطر العدة المطلوب تقسيتها ، فتمسك العدة أمام هذا البورى بحيث يكون حدها القاطع مواجها له أثناء مرور التيار . وفى بعض الورش المصرية يكتفى بالتيار المتولد من

(١) من الصعب على الحداد أن يراقب المعدن فى هذه الدرجة بالعين المجردة لان هذا يضر بنظره ولذلك يحسن أن يلبس نظارات سوداء وأن يستعمل سيخا يقلب به النار و يزيلها عن الحد القاطع للعدة من وقت لآخر فاذا ما وصلت الحرارة للدرجة البيضاء يرفع العدة من النار .

مراوح الأكوار فتوضع العدة أمام ودنة الكير بعد إزالة الفحم منه ويفتح باب الهواء قليلا فيخرج تيار منه على العدة فيقسيها .

وأمثال هـذه العدد لا يحتاج الى مراجعة التقسية لأن وحدها كافية لاعطاء العدة درجة القساوة المطلوبة .

ويكون تيار الهواء اللازم للتقسية جافا على قدر الإمكان لأن وجود رطوبة به قد تحدث تشققا فى سطح العدة المقساة فينقص من قوتها أثناء العمل . وحيث ان بعض العدد يلزم أن يكون سليما من جميع العيوب لاسيما العـدد التى تركب على الآلات المشتغلة بالهواء المضغوط فأمثال هـذه العدد تقسّى عادة بغمرها فى الزيت بدلا من تعريضها لتيار هواء .

واستعمال تيار الهواء بدلا من المـاء فى تقسية صلب السرعات العظيمة كان سببا فى إعطاء هذا الصلب أسماء منها :

(١) الصلب ذو التقسية الذاتية .

(٢) صلب الهواء .

والاسم الأخير هو الذى يعرف به هذا الصلب فى الورش المصرية .

(د) العـدد التى تصنع فى المصانع بطرق خاصة وبكميات وافرة مثل سكاكين الفريزة والمثاقيب الأمريكانى والبراغل وذكور القلاووظ وماشاكلها تقسّى بالطريقة الآتية :

بعد تشكيل العدة وإعطائها الشكل النهائى توضع فى أفران خاصة للتسخين مجهزة ببيرومترات لقراءة درجة الحرارة ، وبكل فرن منطقتان إحداهما للحرارة المنخفضة والأخرى للحرارة المرتفعة . فتوضع العدة أولا فى منطقة الحرارة المنخفضة وتسخن ببطء

وانتظام الى درجة (٨٥٠°) مئوية ثم تنتقل بسرعة الى منطقة الحرارة المرتفعة التى تبلغ درجة حرارتها من (١٢٥٠° — ١٤٠٠°) مئوية تبعا لنوع العدة ودرجة الصلب ، وتترك فيها من دقيقة الى دقيقتين أو أكثر قليلا وبعد ذلك تستخرج من الفرن وتبرد بتعريضها لتيار من الهواء او بغمرها فى زيت من نوع جيد فتقسو .

وهذه العدد تحتاج بعد تقسيتها إلى إجراء المراجعة عليها ، ولكل عدة طريقة مراجعة خاصة بها ، فسكاكين الفريزة مثلا توضع بعد تقسيتها فى حوض يسمى حمام المراجعة درجة حرارته نحو ٥٢١° مئوية فتترك السكين فى الحوض من ٥ — ١٥ دقيقة تبعا لحجمها ثم تسحب منه وتوضع فوق رمل جاف أو نشارة حتى تبرد . أما المثاقيب الأمريكانى والبراغل وذكور القلاووظ فتقسى غالبا بالزيت ثم يعاد تسخينها بعد التقسية إلى ٢٣٠° مئوية ثم تترك لتبرد فى الهواء الساكن الخالى من التيارات .

وهذا الصلب يتطلب عناية كبيرة جدا فى تخميره ، والطريقة المثلى لذلك هى طريقة التخمير بالأفران المستورة السابق شرحها فى الصلب الكربونى ، فقط يراعى أن يكون التسخين إلى درجة حرارة أعلى ، فتوضع القطع المطلوب تخميرها فى صندوق ثم يحمى عليه داخل الفرن ببطء حتى تصل حرارته إلى درجة (٨٥٠°) مئوية ، ويترك على هذه الدرجة نحو أربع ساعات وبعدها تُطفأ النار من الفرن وتترك لتبرد والصندوق داخلها فتتخمر محتوياته . لكن طريقة التخمير بالأفران المستورة لا يتيسر استعمالها فى الورش الصغيرة التى قد تحتاج من وقت لآخر لأن تصنع بنفسها بعض العدد اللازمة لها من هذا الصلب . فتذليلا لهذه العقبة يباع الصلب اللازم لصنع هذه العدد مخمرا جاهزا فى السوق على شكل أسياخ مستديرة أو على شكل قرص حتى يمكن صنع العدد منه مباشرة على آلات التشكيل دون أن يمر بأكوار الحدادة .

أما الصلب الذى يكون على شكل أسياخ مستطيلة القطاع أو مربعة القطاع والذى يصنع منه غالبا أقلام المحارط والمقاشط فانه يباع أحيانا ناشفا لأن العدد التى تصنع منه لا بد من تخليقها على أكوار الحدادة بالطريقة السابق شرحها فى "ب" فتتخمر أثناء ذلك .

(٥) صلب السبائك الخصوصى للأقلام — هذا الصلب وسط فى خصائصه بين صلب سرعات القطع العظيمة والصلب الكربونى الناشف. ويشترك مع الأول فى بعض مزاياه ومع الثانى فى رخص الثمن وان كان يزيد عنه قليلا. وهو يستعمل فى صنع جميع العدد القاطعة المتوسطة الثمن والمتوسطة الإنتاج ، ويدخل فى تركيبه بعض المعادن السابق ذكرها كالتاتجستن وخلافه إنما بنسب قليلة ، وهو يقسى بغمره فى الماء أو الزيت .

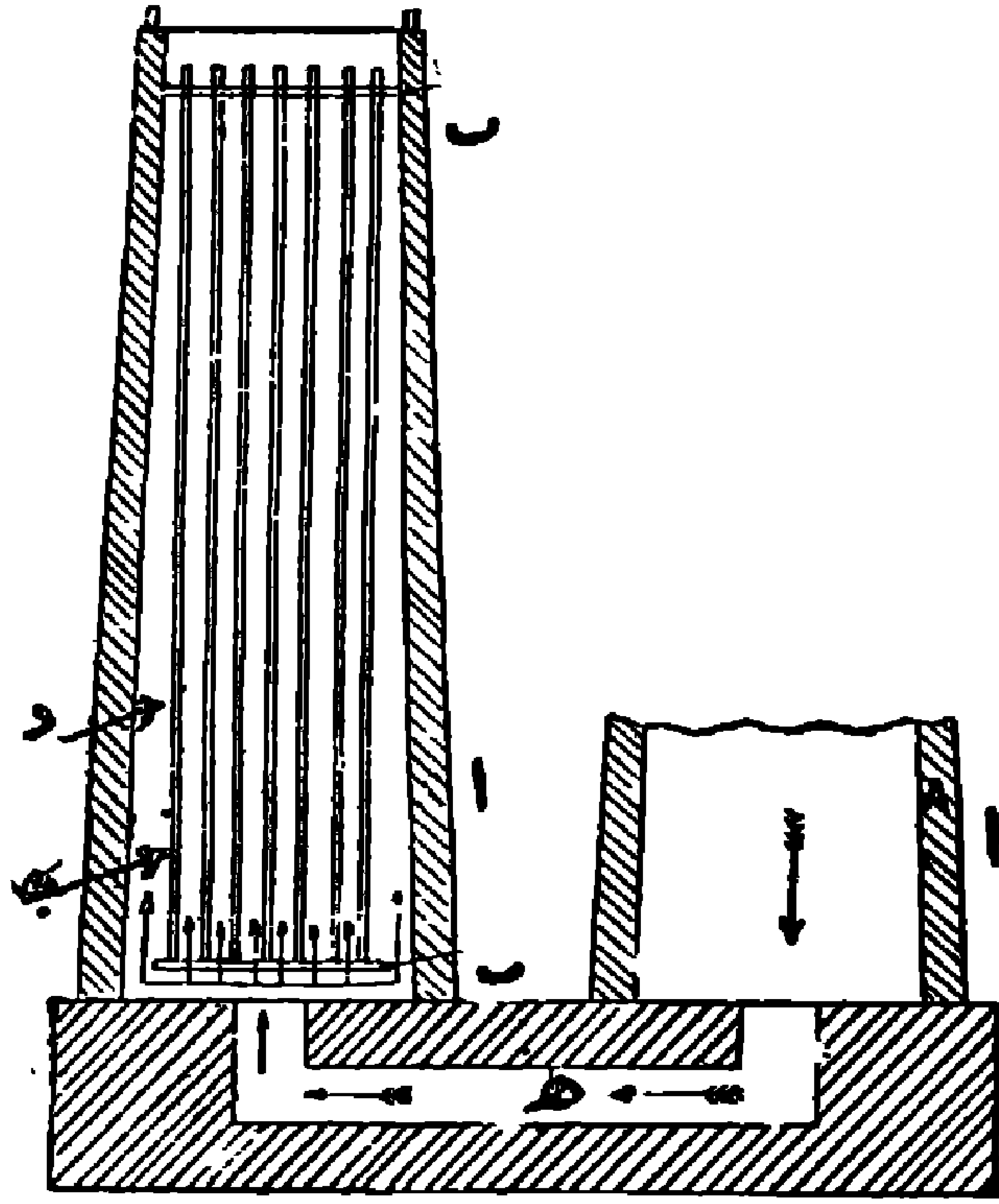
هذا مجمل موجز عن الأنواع المشهورة من صلب السائك فى الوقت الحاضر ويجدر بنا أن ننوه هنا أن المصانع لا تزال دائبة مجدة فى مباحثها لتحسين هذه الأنواع أو لإيجاد أنواع جديدة . وعلى ذلك فهناك أمل قوى بأنه لن يمضى وقت طويل حتى تظهر أنواع جديدة تفوق الأنواع السابقة فى خصائصها وفى مجالات استخدامها ودرجة الاستيثاق منها .

نوعان آخران من الصلب — قبل أن نختتم هذا الفصل يحسن بنا أن نعطف بكلمة موجزة على نوعين آخرين من الصلب لها مزايا عظيمة وهذان النوعان هما :

(الأول) الصلب الحديدى ذو الألياف — وهو عبارة عن خليط من الصلب الكربونى الطرى والحديد الخام ويعرف لدى المهندسين الانجليز

بالاسم السابق أو باسم (Compound iron & Steel) ويختصر بلفظة (Compo) ويصنع بالطريقة الآتية :

يوضع رأسيا فى قالب صلب أسياخ عدة من الحديد الخام تثبت من أعلاها وأسفلها بقرصتين "ب" إحداهما موضوعة فى النهاية العليا للقالب والأخرى فى نهايته السفلى . ثم يصب الصلب الطرى المصهور فى القالب بالطريقة المبينة فى شكل (٥٧) وهذا الشكل يبين قالبين "ا" أحدهما



(شكل ٥٧)

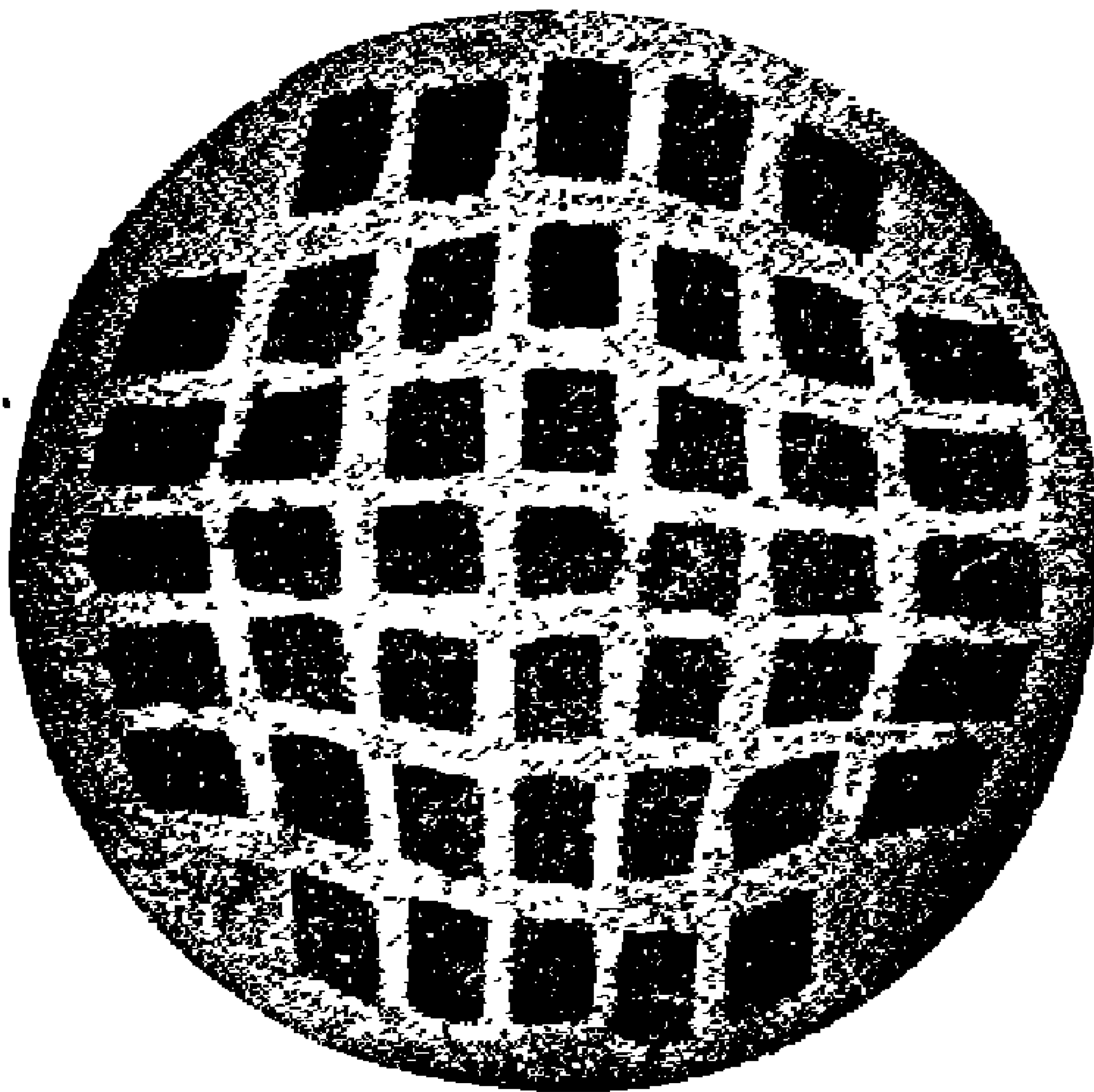
توضع فيه الأسياخ والثانى يصب منه الصلب المصهور فينفذ منه إلى أسفل القالب الأول عن طريق قناة "هـ" مبنية بالطوب الحرارى . أما "ب" فهى القرصتان ، والسفلى منهما تحتوى على ثقوب أكثر من عدد الأسياخ ليتيسر للصلب المصهور أن ينفذ منها صعدا إلى النهاية العليا للقالب ، "ج" الأسياخ ، "د" المسافات الواقعة بين الأسياخ والتى تملأ بالصلب المصهور.

والأسهم المبينة بالشكل توضح سير الصلب المصهور عند مروره من أحد القالبين إلى الآخر .

وتوضع الأسياخ فى القالب وهى باردة فاذا ماصب الصلب المصهور ومر حولها فانه يسخنها و يمترج بها امتزاجا تاما، فيصبح الجميع كتلة واحدة متجانسة ولو أن كلا من الصلب والحديد الخام يحتفظ بخصائصه دون أن يفقدها فى الآخر .

و يستخدم هذا الصلب بدلا من أحسن أنواع الحديد الخام لأنه يجمع إلى تماسك الصلب مقاومة الحديد الخام ذى الألياف للثنى والالتواء . و يستخدم على الأخص فى صنع المشغولات المعرضة للاهتزازات الشديدة وللصدمات القوية، كاذرعة التوصيل فى المحركات وخطاطيف عربات السكك الحديدية، والأذرعة الجانبية للقاطرات ودناجل العربات والجنازير (السلاسل) المختلفة المستعملة فى الأوناش وغيرها ، ومسامير رباط آلات تكسير الزلط ومسامير رباط اسطوانات المحركات الخ .

وشكل (٥٨) يبين قطاعا لهذا الصلب تظهر فيه أسياخ الحديد الخام واضحة من خلال كتلة الصلب الطرى .



(شكل ٥٨)

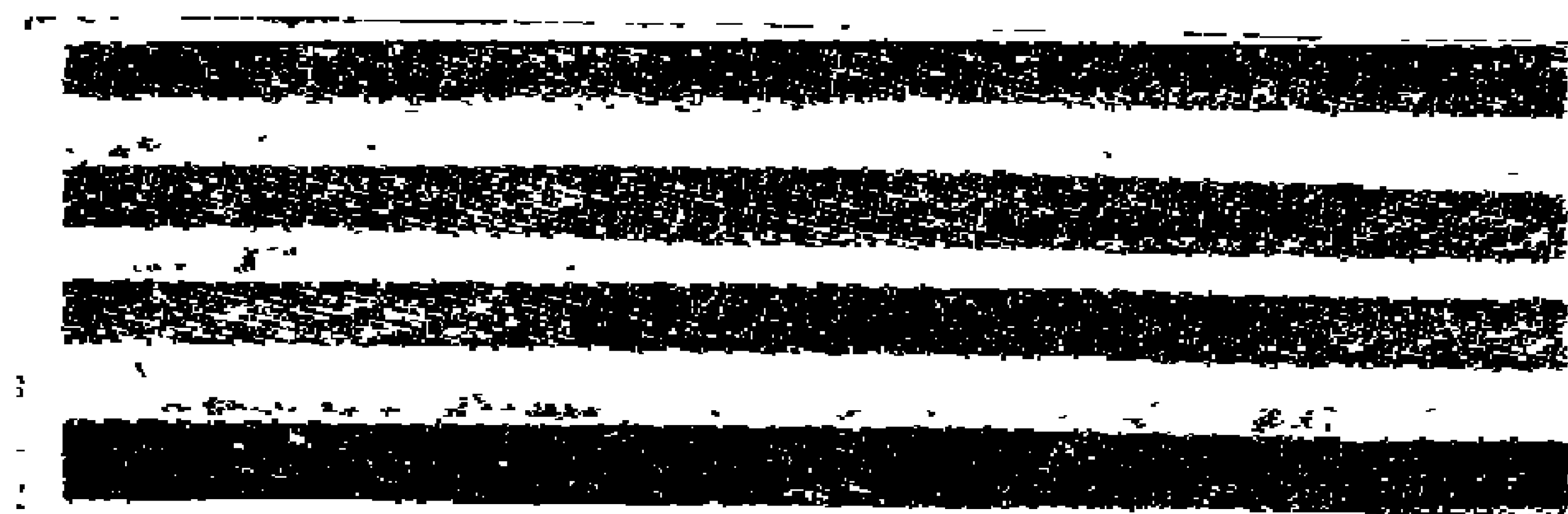
(الثانى) صلب الخزن الحديدية :

وهو خليط من الصلب الطرى الكربونى والصلب الناشف الكربونى ، وطريقة صنعه كالأول تماما، فقط تستبدل فيه أسياخ الحديد الخام بأسياخ

من الصلب الناشف. والكتل الناتجة يعاد تسخينها بعد إخراجها من القوالب ثم تحول إلى ألواح بامرارها فى آلات الجلخ . وهذه الألواح تستخدم فى صنع الخزن الحديدية المألوفة لدينا والمستعملة بكثرة فى المصارف والمنازل لحفظ المجوهرات والأشياء ذات القيمة .

والسبب فى إستخدام هذا النوع فى صنع الخزن هو أن الالواح المصنوعة منه إذا قسيت لايمكن لأى مثقاب أن ينفذ من خلال أسياخها الصلبة ، خصوصا أن هذه الأسياخ توضع متجاورة بحيث تلتصق بعضها ببعض عند إمرارها تحت آلات الجلخ فتكون طبقات متجاورة من الصلب الناشف . أما الصلب الطرى فانه يساعد على تماسك هذه الأسياخ بعضهاببعض بحيث يتعذر كسرها بالمطارق . كما أنه من ناحية أخرى يعرقل سير المثاقيب أثناء محاولة السطو على الخزن لأن المثاقيب إن نفذت من إحدى طبقات الصلب الناشف تمر بسرعة خلال الصلب الطرى فتصطدم بالطبقةالتالية من الصلب الناشف فتتشقق وتتلف ، وعلى ذلك فهذا النوع من الصلب هو أحسن ضمان ضد سطو لصوص الخزانات .

وشكل (٥٩) يبين قطاعا لنوع من ألواح هذا الصلب مكون من أربع طبقات ، وألواح هذا الصلب تورد عادة من مصانعها وهى طرية حتى يمكن إجراء اللازم عليها من قطع وتشكيل وتخريم بسهولة فى مصانع الخزن لكن يلزم تقسيتها قبل تركيبها نهائيا فى الخزن .



(شكل ٥٩)

الفصل الثـالث عشر

النحاس

النحاس من أقدم المعادن التى عرفها الإنسان ، كذلك مركباته . وقد استخدمه الفينيقيون وقدماء المصريين منذ آلاف من السنين فى كثير من الأغراض الصناعية والزخرفية. وهو عنصر معدنى ذو لون أحمر لطيف (وردى) ولهذا السبب عرف فى مصر باسم "النحاس الأحمر". وهو أقل من الحديد صلابة وقوة فى التماسك وقابلية للسحب ، لكنه أكثر منه قابلية للطرق . يمتاز وهو نقى بعظم مقاومته للثنى والالتواء ، وبجودة توصيله للحـرارة والكهرباء . فاذا ما اختلطت به مواد أخرى فان جودة توصيله تنقص بدرجة تتناسب مع كمية هذه المواد . و إن اختلطت به كميات ولو قليلة جدا من الزرنيخ أو الكبريت أو الأنتيمون أو البزموت فان قوة تماسكه وقابليته للسحب وقابليته للطرق تتأثر كثيرا ، أما اذا اختلط به القصدير أو النيكل أو الكوبلت أو الحـديد — وهى العناصر التى كثيرا ما توجد فى النحاس التجارى — فان قوة تماسكه لا تتأثر إلا أن لونه يصبح فاتحا .

والنحاس لا يتأثر قط عنـد تعريضه لجو خال من غاز ثانى أوكسيد الكربون أو الغازات الحامضية سواء أكان هذا الجو جافا أم رطبا ، لكن ان عرض لجو محتو على هـذه الغازات تعلوه طبقة من أملاح النحاس وتلك الأملاح تزيد فى مناعة النحاس من التأثرات الجوية ، ويتأثر أيضـا من الحوامض النباتيـة فإن لامسه الخل تتولد منه خلات النحاس . وأملاح

النحاس كلها سامة لذلك يلزم طلاء الأوانى والأوعية المصنوعة منه بمعدن آخر كالقصدير اذا استعملت لحفظ المأكولات والمشروبات خوفا من أن تتحول الى مادة سامة .

وإذا سخن النحاس فى الهواء تتابع عليه أثناء تسخينه سلسلة من من الأوكسيدات (الصدأ) ذات ألوان مختلفة ، فاذا ما وصلت حرارته الى الدرجة الحمراء تتكون عليه قشرة من صدأ ذات لون أسود ، تسقط عنه عند ما يبرد بفجأة . وإذا سخن لدرجة حرارة مرتفعة ثم بُرِّد بفجأة بغمره فى الماء يصبح لدنا وعندها يمكن تطريقه بسهولة وعلى هذا أسست طريقة صنع الأوانى النحاسية .

ويتحد النحاس مع الأوكسجين مكونا أوكسيدين (نح ا) و (نح$_٢$ ا) والثانى منهما يذوب فى النحاس المنصهر فيفقده مقاومة الثنى والالتواء ، ويجعله هشا ناشفا . ويمكن علاج هذا العيب فيه بتغطيته بفحم الانتراسيت أو الفحم الحجرى أو بتحريكه بساق من خشب الحور أو الأرو ، فيتحد كربون الخشب أو الفحم مع أوكسجين الصدأ ويبقى النحاس نقيا ، فيستعيد خاصية مقاومته وتزول عنه الهشاشة والنشوفة . ويجب ألاّ يغالى فى التقليب بالخشب أو زيادة الفحم لأن النحاس بعد أن يتخلص من الأوكسجين يبدأ فى امتصاص الكربون منهما فيصبح هشًا . والنحاس أشد شراهة للكبريت من الحديد لكنه أقل منه شراهة للأوكسجين . ويستفاد من هذه الخاصية فى عمليات إستخلاصه من غفله .

ويستخدم النحاس فى أغراض صناعية عدة تبعا لخصائصه . بجودة توصيله مع اعتدال ثمنه تجعله أصلح ما يكون لصنع أسلاك الكهرباء . وقلة تأثره بالهواء تجعله ملائما لصنع الأوانى المنزلية وبعض أجزاء أفران

المراجل البخارية كما أن قابليته للاختلاط مع المعادن الاخرى سهلت صنع سبائك معدنية عدة منه تصلح لكثير من الأغراض الصناعية والزخرفية والميكانيكية .

النحاس البكر — ما يوجد من النحاس كمعدن بكر فى الطبيعة قليل ، ويكون فى الغالب مختلطا بالنحاس الغفل أو ببعض الأخلاط الأرضية من صخور وغيرها . وفى هذه الحالة إما أن يكون على شكل كتل كبيرة وإما على شكل فروع شجرية وعروق شبكية ، وهو الغالب ، وإما على شكل حبيبات صغيرة موزعة بين الصخور . ويستخلص النحاس البكر من أخلاطه بعمليات تجهيزية بسيطة يعقبها الصهر فالتكرير . ووجود النحاس على حالته البكر من أكبر الأسباب التى سهلت للقدماء استخدامه فى أغراضهم المختلفة . ويوجد النحاس البكر فى منطقة البحيرات العليا بأمريكا الشمالية وفى جبال الأورال وبلاد الصين واليابان .

النحاس الغفل — يوجد فى كثير من ممالك أوروبا وفى سيبيرباوالولايات المتحدة وكندا واستراليا وإفريقية الجنوبية على هيئة مركبات معدنية متعددة أهمها كبريتيد النحاس وأوكسيده وكربوناته . وتكون هذه المركبات مختلطة فى الغالب بعناصر أخرى كالحديد ، والأنتيمون ، والسليكون والكربون ، والزرنيخ والزئبق والفضة والذهب .

وأهم أنواع الأوكسيدات هى :

(١) أوكسيد النحاس (الكيوبريت) — وتركيبه الكيميائى ($نح_٢$ أ) ويوجد على شكل بلورات كبيرة الحجم حمراء اللون . ويحتوى فى أجود أنواعه على نحو ٨٩ فى المائة من عنصر النحاس .

(٢) أوكسيد النحاس الأسود (تينوريت) — وتركيبه الكيميائى (نح ا) ولونه أسود ، ويوجد فى الغالب بحالة نقية .

وأهم أنواع كربونات النحاس هى :

(١) النحاس الغفل الأزرق (المالاشيت الأزرق) — وتركيبه الكيميائى (٢ نح ك ا$_{٣}$. نح يد$_{٢}$ ا$_{٢}$) أى كربونات النحاس القاعدية . لونه أزرق قاتم وكثيرا ما يوجد مختلطا بالنحاس الغفل الأخضر ويحتوى على حوالى ٥٥ فى المائة من عنصر النحاس .

(٢) النحاس الغفل الأخضر (المالاشيت الأخضر) — وهو أيضا كربونات نحاس قاعدية تركيبه الكيميائى (نح ك ا$_{٣}$. نح يد$_{٢}$ ا$_{٢}$)، ويحتوى نحو ٥٨ فى المائة من عنصر النحاس . لونه أخضر زمردى فى العادة ، لكنه كثيرا ما يكون مرقشا ولجمال لونه يستخدم كما هو فى الأغراض الزخرفية .

وأهم أنواع الكبريتيد هى :

(١) النحاس الغفل الأبيض (الردروتيت) — وتركيبه الكيميائى (نح$_{٢}$ كب) ولونه أبيض شبه معدنى ، يمكن خدشه بسكينة بسهولة ويحتوى على نحو ٨٠ فى المائة من عنصر النحاس .

(٢) البريطيس — وتركيبه الكيميائى (نح$_{٢}$ كب . ح$_{٢}$ كب$_{٣}$) . لونه أصفر ذهبى ويمكن خدشه بسكينة . يحتوى فى أنقى أنواعه على ٣٤,٦ فى المائة من عنصر النحاس و ٣٠,٥ فى المائة من عنصر الحديد ، ٣٤,٩ فى المائة من الكبريت .

لكن أغلب أنواعه العادية تكثر فيها نسبة الحديد فلا تحتوى على أكثر من ١٢ فى المائة من النحاس وأحيانا أقل. وهو أهم معدن غفل لإستخلاص النحاس فى انجلترا .

(٣) الأر يو بيسيت — ويسمى أيضا "لحم الخيل" بالنسبة للونه الذى يختلف من أحمر نحاسى الى بنى فاتح مشوبا بقليل من الزرقة . تركيبه الكيميائى (٣ نح$_{٢}$كب . ح$_{٢}$كب$_{٣}$) أى أنه يتركب من نحاس وحديد وكبريت ويحتوى على نحو ٦٢ فى المائة من النحاس .

ويوجد خلاف ما ذكر أنواع أخرى من النحاس الغفل منها سليكات النحاس المائية وتحتوى على نحو ٣٠ فى المائة من النحاس . ومن هذه الأنواع ما يحتوى على فضة وذهب وزئبق الخ .

تجهيز النحاس الغفل — يمر النحاس الغفل قبل إستخلاصه بعمليات تحضيريه منها الغسيل فى تيار من المياه الجارية لإزالة الرمل والطفل وغيرهما من المواد الأرضية العالقة به ، ومنها التكسير والطحن لسهولة تحميصه وصهره .

استخلاص النحاس من غفله — لما كانت أنواع النحاس الغفل تختلف اختلافا بينا فى تركيبها فان طرائق استخلاص النحاس منها تتوقف على نوع المعدن الغفل من حيث تركيبه ووجوده بمفرده أم مختلطا مع أنواع أخرى من مركبات النحاس. فإن كان النحاس الغفل على هيئة أوكسيد أو كربونات مثلا فان إستخلاص النحاس منه يتم بغاية السهولة بواسطة الإختزال . أما إن كان محتويا على الكبريت فان إستخلاص النحاس منه يتطلب عمليات شاقة متعددة لاسيما أن أغلب النحاس الكبريتى يكون مشتملا على الحديد . والكبريت أكثر شراهة للنحاس منه للحديد .

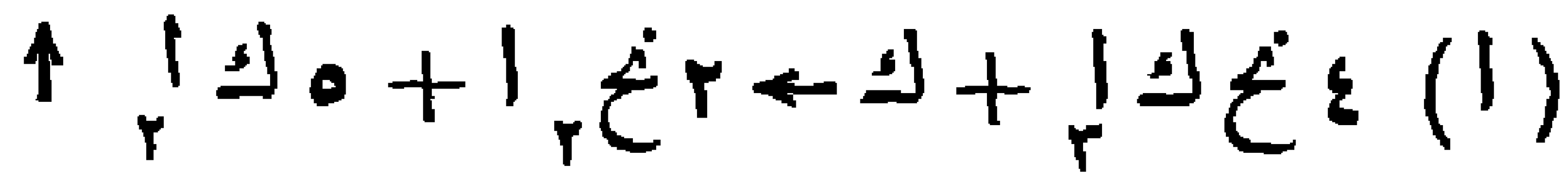
وفى كثير من الحالات يكون المعدن الغفل خليطا من الأوكسيد والكبريتيد وتدعو الضرورة لمعالجة الاثنين معا لإستخلاص النحاس منهما ، فتكون عملية الإستخلاص طويلة معقدة كما هو الحال فى البلاد الانجليزية ، إذ النحاس الغفل الموجود بها أغلبه كبريتيد مختلط بقليل من الأوكسيد . وتمنع الإعتبارات الاقتصادية من وجهة التكاليف فصل الأوكسيد على حدة لاستخلاص النحاس منه . وعلى ذلك يستلزم الأمر معالجة الاثنين معا فى عملية الإستخلاص .

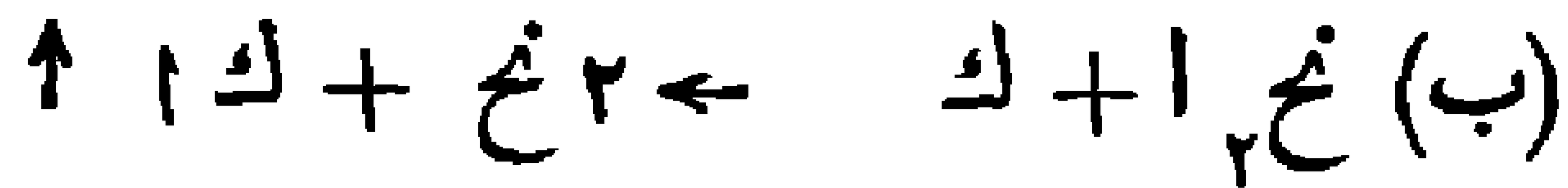
وفيما يلى بيان بأهم الطرائق المستخدمة فى إستخلاص النحاس :

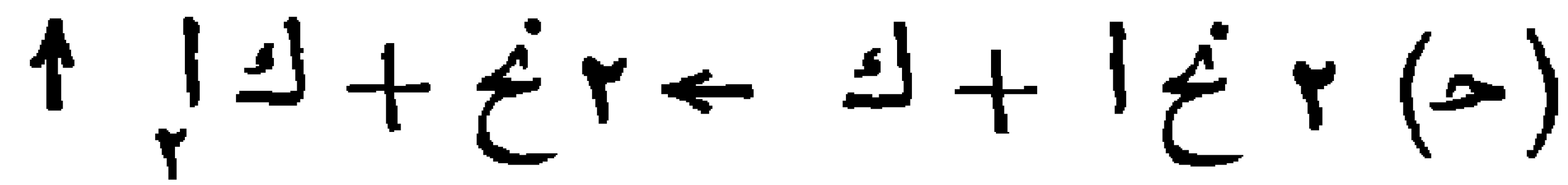
طريقة الاختزال — تستخدم فى إستخلاص النحاس من غفله إن كان الغفل على هيئة أوكسيد أو كربونات . والفرن الذى يستخدم غالبا فى هذه الطريقة هو من نوع الأفران العالية ، وذو قميص مائى ان كبرت كمية النحاس الغفل المطلوب معالجتها . فيوضع النحاس الغفل فى الفرن ومعه قليل من الفحم الكوك ومادة مساعدة للصهر كأوكسيد الحديد ، ثم يضاف الى الشحنة قليل من بيريطيس الحديد .

وتبدأ عملية الصهر فيتركز بعض النحاس الغفل ويكون ركازا ويتحول البعض الآخر الى نحاس حر . أما الخبث فانه يطفو على سطح المعدن المنصهر .

ويتلخص التفاعل الكيميائى داخل الفرن فى تحول كربونات النحاس أولا الى أوكسيد النحاس بفعل الحرارة ثم يختزل الفحم الأوكسيد فيترك النحاس حرا كما هو مبين بالمعادلات الآتية :







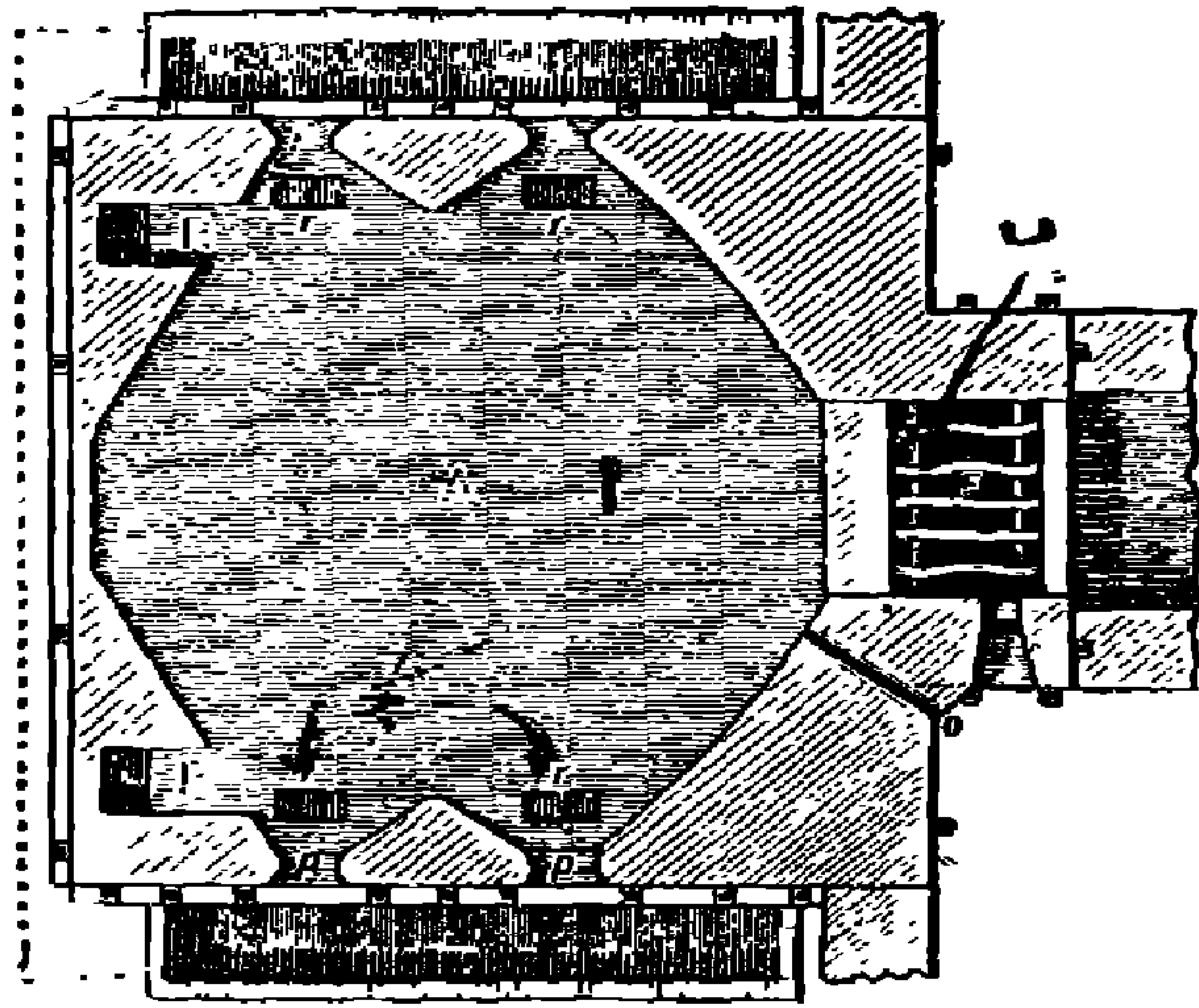
طريقة التفاعل — تستخدم فى إستخلاص النحاس من غفله إن كان على هيئة كبريتيد . وجميع أنواع الكبريتيد — ماعدا النحاس الغفل الأبيض — لا تحتوى عادة على كميات كافيـة من معدن النحاس تبرر إستخلاصه منها بالطرق المباشرة، لذلك تجرى عليها عادة عدة عمليات كلها تفاعلات كيمائية الغرض منها تحويل المعدن إلى ركاز. وأغلب هـذه العمليات هى عمليات تكليس تتخللها من وقت لآخر عمليات صهر فى جو مختزل . ففى عمليات التكليس يتأكسد الكبريت والزرنيخ ويتصاعدان على صـورة ثانى أوكسيد الكبريت وأوكسيد الزرنيخ ، وكذلك يتأكسد الحديد والنحاس جزئيا . وفى عمليات الصهر التى تعقبها يتفاعل أوكسيد النحاس مع المتبقى من كبريتيـد الحديد فينتج كبريتيد النحاس وأوكسيد الحديد . ويزال خلال عمليات الصهر كثير من الأخلاط ، كما أن أوكسيد الحديد يتحد مع السليكا الموجودة فى المعدن الغفل وفى بطانة أفران الصهر ويتحول إلى خبث . وبتكرار المعالجة بهذه العمليات يمكن التخلص من جميع الحديد ، ويتبقى بعد ذلك ركاز غنى بالنحاس يمكن إستخلاص النحاس منـه بالتكليس والصهر والتكرير . وهذه الطريقـة مستعملة بكثرة فى بلاد الغال بانجلترا حتى أصبح يطلق عليها اسم الغالية وبيانها تفصيليا كما يأتى :

الطريقة الغالِّية — يتوافر النحاس الغفل بكثرة فى مقاطعة الغال بانجلترا على هيئة بيريطيس محتو على ٩ — ١٣ فى المـائة من عنصر النحاس ، وعلى

نسبة أكثر من اللازم من بيريطيس الحديد ومن السليكا . وعملية إستخلاص النحاس من هذا البيريطيس تشمل ستة أدوار وقد تزيد هذه الأدوار عن ذلك بالنسبة لكمية الكبريت الموجودة فى المعدن الغفل . كما أن بعض الأدوار قد يتكرر أحيانا .

وإن هذه الأدوار كما يأتى :

(الدور الأول) دور تكليس المعدن الغفل — ويجرى فى فرن من النوع العاكس ذى طبقتين : الطبقة العليا — ومبين قطاعها فى شكل (٦٠) —



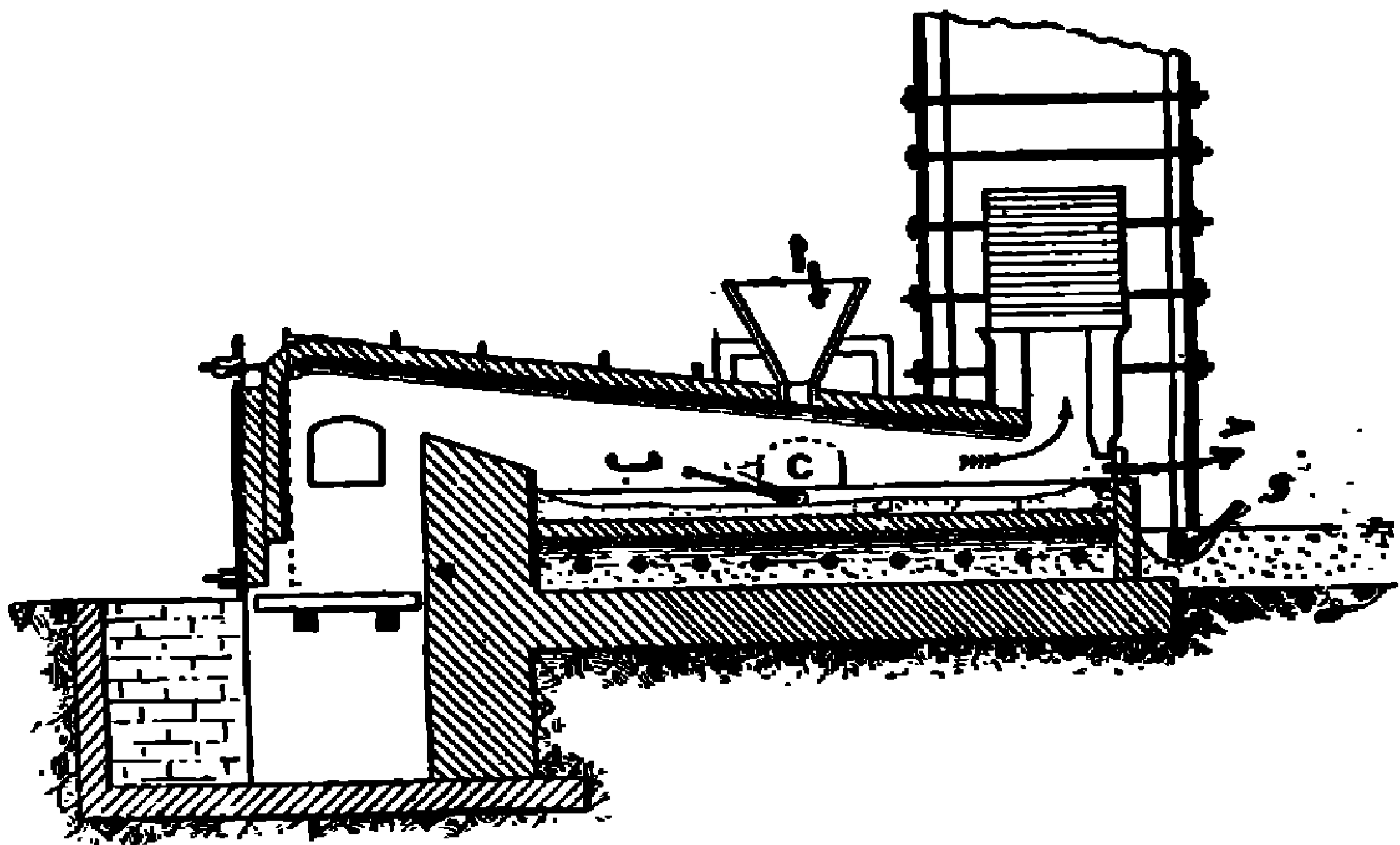
شكل (٦٠ — قطاع أفقى للطبقة العايا للفرن)

تتألف من مرقد للمعدن (أ) بجواره بيت للنار (ب) يوضع فيه الوقود ويغذى الفرن بالمعدن الغفل من قادوس فى سقفه فيسقط المعدن الى فرش المرقد حيث يقلب من وقت لآخر. ويشتعل الوقود بتأثير الهواء الجوى وتكون درجة الحرارة الناتجة منخفضة وعند مرور الغازات الناتجة من الاشتعال على المعدن الغفل يتأكسد نحو نصف الكبريت الموجود فيه .

ويتحول الى ثانى وثالث أوكسيد الكبريت ، ويتأكسد بعض الزرنيخ . فتصاعد هذه الأكاسيد وتخرج من الفرن مع الغازات الناتجة من الاشتعال. ويقلب المعدن الغفل من وقت لآخر حتى يتم تكليسه جميعه .

أما الطبقة السفلى للفرن فتتكون من قبو متصل بالهواء الجوى بواسطة قناة فعند تمام تكليس المعدن يجرف الى القبو من الفتحات (ح) فى المرقد فيتصل بالهواء داخل القبو ويبرد . وتبلغ شحنة الفرن الواحد من هذا النوع نحو ثلاثة أطنان ، ويستغرق تكليسها نحو ٢٤ ساعة . ومقاس فرش المرقد ١٦ × ١٤ قدما ومساحة بيت النار ٤ × ٣ قدما .

(الدور الثانى) دور صهر المعدن المكلس — يخلط المعدن المكلس بمعدن غفل أوكسيدى وبخبث النحاس ، ويوضع الجميع فى فرن من النوع العاكس مبين قطاعه الرأسى فى شكل (٦١) . ويختلف هذا الفرن عن الفرن المستخدم فى الدور الأول باتساع بيت النار فيه حتى يمكنه توليد حرارة شديدة تساعد على صهر الشحنة . ويغذى الفرن بالشحنة من قادوس (ا)



(شكل ٦١ — فرن الصهر)

فى سقف الفرن فتسقط الى مرقد المعدن . وفرش المرقـد مبطن بالرمل ، ويحدر من جميع أطرافه الى ناحية الثقب (ب) الذى يستخرج منه المعدن المنصهر وينصهر المعدن تدريجيا فيتفاعل الأوكسيد والكبريتيد والكبريتات بعضها مع بعض وينتج من ذلك خبث يطفو على سطح الركاز المنصهر . ويستخرج هذا الخبث من المجرى (ح) ثم يستقبل فى قوالب الرمل (ى) ترفع عنـد الحاجة . ويستخرج الركاز المنصهر من الثقب (ب) بعد رفع السدادة منه فيسيل الركاز إما الى مجار يترك فيها حتى يبرد على شكل كتل منشورية ثم يصحن استعدادا للدور الثـالث واما يستقبل فى أحواض مملوءة بالمـاء فيبرد فيها على شكل رش (كرات صغيرة) . وتبلغ شحنة هذا الفرن نحو ٢٥ قنطارا فى كل دفعة ، وتتألف من ٦٠ — ٦٦ فى المـائة من المعدن المكلس ، ومن ١٠ إلى ١٤ فى المـائة من النحاس الغفل الأوكسيدى ، ومن ٢٢ الى ٢٥ فى المـائة من خبث النحاس. والركاز الناتج من هذه العملية يتألف من خليط من كبريتيد النحاس والحديد ويحتوى على نحو ٣٠ — ٣٥ فى المـائة نحاس و ٣٠ فى المـائة حديد و ٢٨ فى المـائة كبريت ، ثم على كميات جزئيـة من البزموت والزرنيخ والرصاص والأنتيمون . وقد يحتوى على كبريتيد معادن النيكل والقصـدير والكوبالت . ويسمى هـذا الركاز "المعدن الخشن" لأن مكسره يتكون من حبيبات خشنة ذات لون برنزى ضارب للأرجوانى .

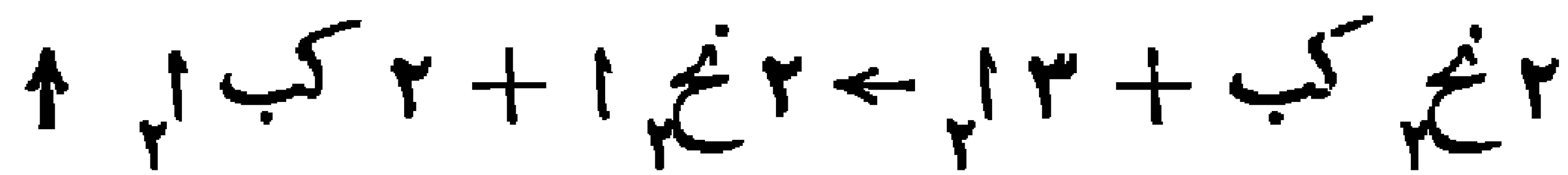
وقد أمكن فى السنين الأخيرة إستخدام نوع من الأفران العالية ذات القميص المـائى بنجاح تام فى أدوار الصهر الأولى . أما فى أدوار الصهر الأخيرة فقد أمكن إستخدام نوع من محولات بسمر ذى تصميم خاص لمعالجة الركاز المنصهر بإرسال تيار هواء فيه فيحترق الكبريت ويتأكسد الحديد وتتولد من ذلك حرارة كافية تحفظ الركاز منصهرا وبذلك يحصل وفر محسوس فى الوقود .

(الدور الثالث) دور تكليس المعـدن الخشن — يكلس المعدن الخشن لمدة ٢٤ ساعة على درجة الاحمرار البسيط فيفقد حوالى ٥٠ فى المـائة من كبريته الذى يتحد مع الأوكسيجين مكونا ثانى أوكسيد الكبريت .

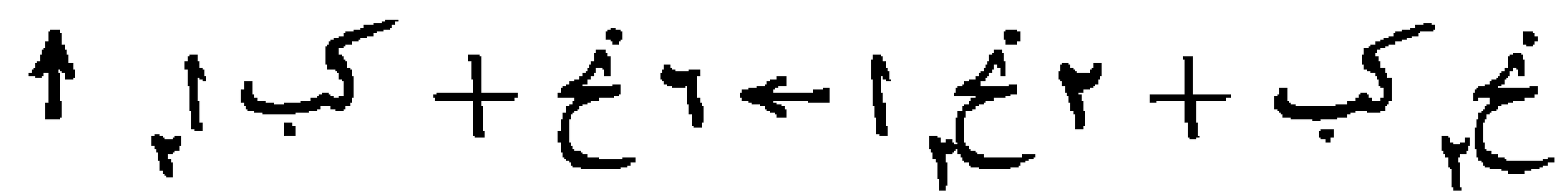
(الدور الرابع) دور صهر المعـدن الخشن — يحصل فى أفران مشابهة تماما لأفران الدور الثانى . وتبلغ الشحنة نحو ٣٠ قنطارا وتستغرق فى صهرها من ٦ — ٨ ساعات وتتألف من ٧٥ — ٨٠ فى المـائة من المعدن الخشن المكلس ومن ٢٠ — ٣٥ فى المـائة من خليط مكون من المعادن الغفلة الأوكسيدية والكربونية ومن خبث النحاس المستخرج من الدورين الخامس والسادس المحتوى على نسب كبيرة من أوكسيد النحاس على هيئة سليكات ويحصل فى هذا الدور نفس التفاعل الكيميائى الذى حصل فى الدور الثانى بين كبريتيد وأوكسيد النحاس . والركاز الناتج من هـذا الدور يكون أغنى فى النحاس من ركاز الدور الثـانى . ولاستخراجه وهو منصهر ترفع سدادة الثقب ويستقبل فى قوالب على شكل تماسيح ويطلق عليه اسم (المعدن الناعم) . ويتوقف مظهره وشكل مكسره وكمية النحاس فيه على النسبة بين أوكسيد النحاس وكبريتيد النحاس الموجودين فى الشحنة. فان كانت النسبة هى اللازمة بالضبط للتفاعل الكيميائى فان المعدن الناتج يكون كله تقريبا على هيئة كبريتيد النحاس (نحم كب) ويحتوى على ٧٠ — ٧٨ فى المـائة من عنصر النحاس، ويكون مكسره محببا قليلا وذا لمعة شبه معدنية ،ولون رمادى ضارب للبياض ، ولذلك يطلق عليه أحيانا اسم "المعدن الأبيض".

(الدور الخامس) دور التحميص — يحصل فى أفران تشبه من أغلب الوجوه الأفران المستخدمة فى أدوار الصهر ؛ إلا أنهـا مجهزة بفتحات فى كوبرى النار (الشاروقة) تسمح بدخول الهواء إلى جوف الفرن ، ومجهزة

بتجويف أشبه بحوض أمام الباب . فتوضع شحنة من تماسيح المعـدن الناعم على الموقد وتنظم درجة الحرارة حتى يُضمن انصهار التماسيح تمـاما فى مدة تختلف من ٦ إلى ٨ ساعات . وفى خلال ذلك يتأكسد الجزء الأكبر من المعدن ويتصاعد منه الكبريت على هيئة ثانى أوكسيد الكبريت .



وعند ما يتم إنصهار التماسيح يطفو الخبث على سطح المعدن المنصهر ويزال أولا بأول . كذلك يضطرب سـطح المعدن لتفاعل الكبريت والأوكسيد الموجودين فيه ويتكون من ذلك نحاس حر يهبط لأسـفل الفرن ، وثانى أوكسيد الكبريت الذى يخرج على صورة فقاعات غازية مصحوبة بأزيز .



وعند انتهاء العملية — وهى تستغرق فى الغالب من ١٢ — ٢٤ ساعة تبعا لدرجة نقاء المعدن الناعم — يزال الخبث ويستقبل النحاس المنصهر فى قوالب من الرمل ، ويسمى النحاس المستخرج من هذا الدور "النحاس الأجرب" نظرا لاحتواء سطحه على حفر كثيرة نتيجة هروب ثانى أوكسيد الكبريت منه أثناء تجمده ويحتوى النحاس الأجرب على نحو ٩٨ فى المـائة من النحاس وعلى أقل من واحد فى المـائة من الحديد ؛ وعلى كميات جزئية من العناصر والمواد الأخرى. وهو معدن ناشف غير قابل للطرق، ومكسره ذو لون أحمر قاتم وبه حفر صغيرة كثيرة . والخبث الناتج من هـذا الدور يحتوى من ١٧ إلى ٤٠ فى المـائة من سليكات النحاس .

(الدور السادس) دور التكرير والتليين — إن وجود أى مواد أخرى مختلطة بالنحاس تفقده بعض خصائصه الهامة ، ولذا يجب أن يكون

النحاس على قدر الامكان خاليا من هذه المواد ، ولأداء ذلك تؤخذ تماسيح النحاس الأجرب وتكرر بصهرها فى فرن عاكس كالسابق شرحه إلّا أنه لا يحتوى على قادوس للتغـذية أو فتحة لخروج المعدن المنصهر . والشحنة المكونة من ٦ — ١٥ طنا تستغرق فى صهرها مدة تتراوح بين ٤ و ٦ ساعات وبعد تمام الصهر يزال الخبث الطافى على سطح المعدن المنصهر ، ويعرض هذا السطح لفعل جو الفرن المؤكسد مدة تختلف من ١٠ — ١٥ ساعة . وبما أن النحاس أقل قابلية للتأكسد من العناصر الأخرى المختلطة به كالكبريت والزرنيخ والحـديد والقصدير والنيكل والكوبالت والمـانجنيز والبزموت والرصاص فان هـذه تتأكسد سريعا ويتأكسد معها قليل من النحاس ، فتتحد جميع هذه الأكاسيد مع الرمل الموجود فى فرش الفرن ، وتكون معه سليكات تلك العناصر تطفو على سطح المعدن خبثا فيزال من وقت لآخر . غير أن المعدن المنصهر قد يُذيب بعض أوكسيد النحاس فيصبح بسبب ذلك ناشفا . ولعلاج هذا العيب يزال الخبث أولا ثم يغطى سطح المعدن المنصهر بطبقة من الفحم الحجرى أو فحم الانتراسيت ، ويقلب بساق من خشب القرو أو خشب الحور فيضطرب المعدن اضطرابا شديدا ويلامس كل جزء منـه الفحم الموجود على سطحه فيتمكن كربون الفحم والخشب من إختزال الأوكسيد وترك النحاس نقيا . وللتأكد من تمام الإختزال تؤخذ من وقت لآخر عينات من النحاس المنصهر وتترك حتى تجمد، ثم تفحص وتختبر لقياس مقاومتها للثنى والإلتواء وقابليتها للطرق ، فاذا ما وجد أن المعدن قد فقـد لونه القاتم ومكسره المحبب وأنه ينثنى حتى يزدوج على نفسه ، وأن مكسره أصبح ذا لمعة حريرية ولون شبيه بلون اللحم ، فان هذا يكون دليلا على إستعادته لخصائصه ، فيسحب الساق الخشبى ويزال الفحم . ويغـرف المعـدن السائل فى ملاعق مبطنة بالطوب الحرارى ، ثم يصب على شكل

كل مبططة تزن الواحدة منها نحو ٢٠ رطلا فى قوالب مصنوعة من الزهر أو النحاس بكيفية تجعل من السهل إلقاء الكل منها فى المـاء بمجرد تجمدها . وقد يحصل أحيانا أثناء الغرْف أن يتأكسد المعدن ، وعند ملاحظة ذلك يلزم إعادة الساق الخشبي إليه وتقليبـه مدة قصيرة فيستعيـد خصائصه . ويستغرق هذا الدور من بدء وضع تماسيح النحاس الأجرب فى الفرن إلى نهاية الغرْف نحو ثلاثين ساعة .

والخبث الناتج من هـذا الدور ذو لون أحمر نحاسي ويحتوى فى الغالب على سليكات النحاس وقليل من سليكات المعادن الأخرى السابق ذكرها .

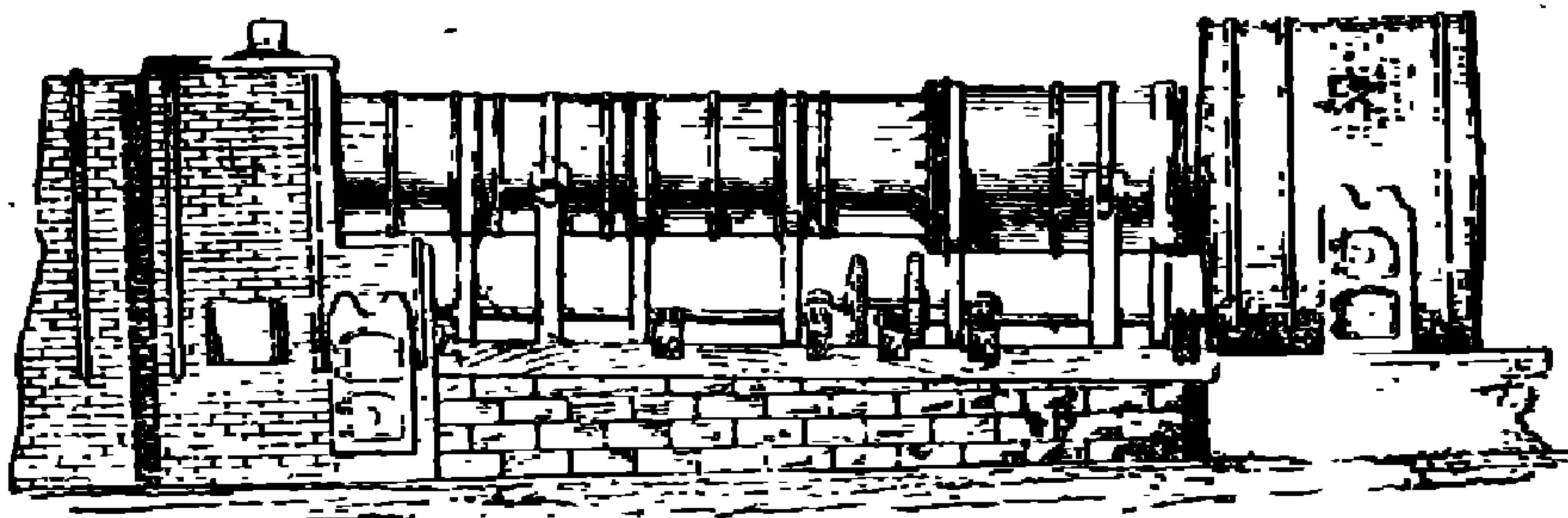
والنحاس المستخلص بالطريقة الغاليـة يختلف فى درجة نقائه تبعا لنقاء المعدن الغفل المستخلص منه ، وأيضا تبعا لموقعـه وهو منصهر من مرقد أفران الصهر، فالنحاس الموجود فى أسفل المرقد يحتوى عادة على كمية غير قليلة من المواد الأخرى، وتقل هذه الكمية تدريجيا فى الطبقات التى تليها مباشرة أى الطبقات الوسطى ،وعلى ذلك فالنحاس المستخرج من الفرن عقب فتح السدادة يكون أقل نقاء من غيره ، وما يستخرج بعـد ذلك مباشرة يكون أنقى ، ويستخدم النحاس النقى غالبا فى صنع سبائك النحاس الأصفر والبرنز والمعدن الأبيض المعروف باسم (الفضة الألمـانية) . أما اذا كان النحاس مطلوبا لتحويله إلى ألواح على آلات الجلخ ، فانه يضاف اليه جزء صـغير من الرصاص يختلف من ١,٠ الى ٥,٠ فى المـائة خلال دور التكرير وقبـل غرف المعدن المنصهر وذلك لغرضين :

الأول — أن الرصاص بتأكسده السريع وقت الصهر يساعد على تأكسد العناصر الأخرى المختلطة بالنحاس وعلى الأخص الانتيمون ، وفى الوقت

نفسه يعيق تأكسد النحاس فيمنع نشوفته ، والعادة أن تزال هذه الأكاسيد بمجرد تكونها، حتى إذا ما صب المعدن بعد ذلك فى قوالب تكون كتله أكثر نقاء .

الثانى — أن النحاس المحتوى على ١,٠ فى المائة أو أقل من الرصاص يمكن تحويله بسهولة إلى ألواح بإمراره فى آلات الجلخ .

الطريقة المباشرة — تستخدم فى استخلاص النحاس من غفله ان كان الغفل نقيا لدرجة خاصة . وتشترك هذه الطريقة مع الطريقة الغالية فى الأدوار الأربعة الأولى التى تنتهى باستخراج ركاز من المعدن الناعم ، لكن فى هذه الطريقة يؤخذ المعدن الناعم ويحمص فى قمين من النوع الدوار (شكل ٦٢) ثم يخلط بعد تحميصه بكمية كافية من معدن ناعم غير محمص ويوضع الخليط فى فرن عاكس ويصهر ، ثم تجرى عليه عملية التكرير فى الفرن نفسه . والنحاس المستخلص بهذه الطريقة لا يقل عن غيره فى الجودة .



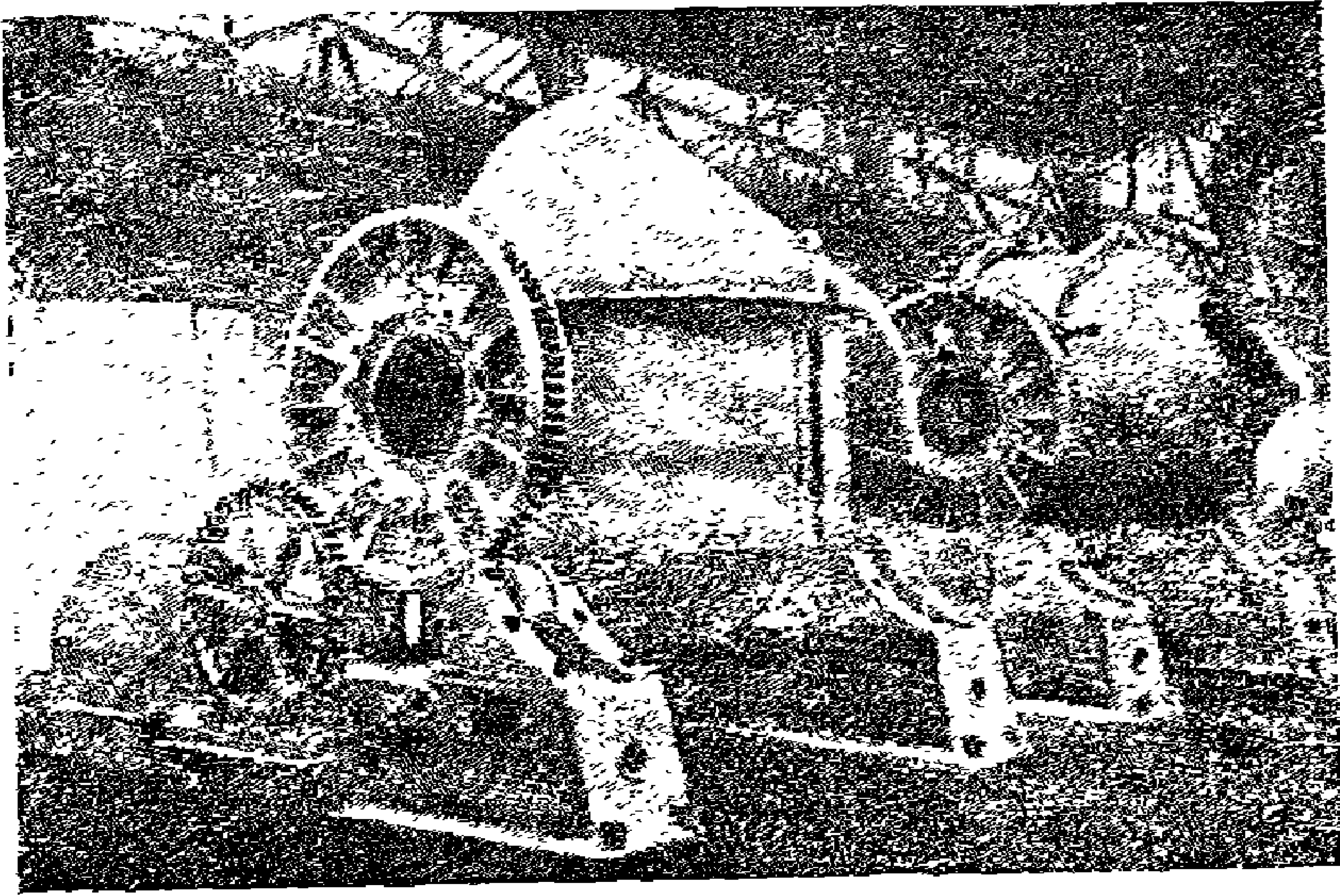
(شكل ٦٢ — قمين دوار)

استخلاص النحاس بطريقة بسمر — لما شاعت طريقة بسمر لتحويل الزهر المنصهر الى صلب أدخلت تلك الطريقة لإستخلاص النحاس من ركازه ، فأجدت كثيرا . وتتلخص هذه الطريقة فى تسليط تيار من الهواء على ركاز النحاس المنصهر فيتحد مع المواد الأخرى الداخلة فى تركيبه ، وقد وجد بالتجارب أن طريقة تسليط تيار من الهواء على هذا الركاز المنصهر

ليست بالموفرة إن قلت الكمية المستخرجة من النحاس عن ٣٠ طنا فى اليوم .
ويمكن تلخيص هذه الطريقة فيما يلى :

عند تسليط تيار الهواء على الركاز المنصهر يتحد أوكسجين الهواء مع الحديد والكبريت الموجودين فى الركاز فيزيلهما ، وذلك على أثر تفاعلات كيميائية عدة تحصل جنبا إلى جنب فى وقت واحد ، فيتأكسد الكبريتيد المصهور فى الركاز ، ويتحول الكبريت الموجود فيه الى ثانى أوكسيد الكبريت ، ويتأكسد جزء من النحاس فيسطو على كبريتيد الحديد الموجود فى الركاز فيتحول الحديد الى أوكسيد حديد ، بينما يستحيل النحاس الى كبريتيد النحاس ، وتستمر هذه التفاعلات حتى يتأكسد كل كبريتيد الحديد الموجود فى الركاز ، أما أوكسيد الحديد فانه ينصهر بإضافة مساعد صهر من السليكا الى الركاز مكونا سليكات الحديد ، ويتخلف النحاس بعد ذلك على هيئة كبريتيد النحاس . وباستمرار مرور تيار الهواء بعد ذلك يستمر تأكسد الكبريت فيتفاعل أوكسيد النحاس مع كبريتيده ويترك نحاسا حرا . فان زاد مرور التيار عن هذا الحد يتأكسد النحاس نفسه ، وبهذه الطريقة يمكن الحصول على ركاز غنى بالنحاس وعلى كمية من النحاس الأجرب فى عملية واحدة . ومما تقدم يرى أن أغلب الحديد يتحول الى أوكسيد حديد عند بدء مرور تيار الهواء ثم يستمر هذا التحول الى أن يتحول الحديد بأجمعه الى أوكسيد الحديد الذى يجب التخلص منه بإضافة مساعد صهر من السليكا كما سبق بيانه ثم يخرج خبثا ، وتستعمل فى هذه الطريقة محولات تشابه فى الشكل بالتقريب محولات بسمر العادية . ومن الشكل (٦٣) يمكن فهم تشغيلها اذ هى كطريقة تشغيل محول بسمر السابق شرحه فى إستخلاص الصلب . ويبلغ ضغط الهواء اللازم لمحولات بسمر من ٨ — ١٦ رطلا على البوصة المربعة . والركاز الذى لا تقل نسبة النحاس فيه عن ٥٠ ٪ يمكن تحويله

فى دفعة واحدة، فان قل عن ذلك إقتضى الحال أن توضع منه شحنة فى المحول حتى تتركز ثم تضاف اليها شحنات أخرى على التعاقب حتى يصير الركاز غنيا بمعدن النحاس ، فيزال الخبث منه ، ثم يسلط عليه تيار الهواء ثانيا دون رفعه من المحول حتى يتحول الى نحاس أجرب .



(شكل ٦٣ — محول بسمر للنحاس)

وليس هناك دلالة ظاهرة على انتهاء عملية التحويل فى النحاس كما هو الحال فى محولات بسمر الخاصة بصناعة الصلب لذلك تستدعى مباشرة محولات النحاس أن يكون القائم بها ذا مقدرة تامة للحكم على انتهاء العملية وعلى التخلص من كل الكبريت الموجود فى الركاز .

وأهم الظواهر التى تلاحظ عند تحويل ركاز فقير الى ركاز غنى ظهور غيوم بيضاء عند بدء العملية حيث يوجد بعض أوكسيدات المعادن المتطايرة مثل الرصاص والزنك وقليل من ثانى وثالث أوكسيد الكبريت . ثم يعقب ذلك تغير لون اللهب فيصير لونه أخضرا ثم يستحيل الى الزرقة ثم الى اللون الوردى دليلا على التخلص من الحديد . ولهذا قلنا إنه من الضرورى أن

يكون المشرف على عملية التحويل ذا خبرة واسعة حتى يمكنه أن يحكم على خطوات العملية . ويمكن بالتقريب الحكم على ذلك بملاحظة جزء من مادة الركاز التى تلتصق بالسفود (السيخ) المعد لتسليك ودنات الهواء أثناء العملية ومنها يمكن الحكم على أن الركاز أصبح غنيا بالنحاس فى الأدوار الأولى لعملية التحويل ، أما فى الدور النهائى فلا يمكن الحكم على انتهاء العملية بشكل لسان اللهب لأن شكله يظل ثابتا تقريبا . على أنه يمكن الحكم بالتقريب فى هذا الدور باستقبال الذرات المتطايرة من فوهة المحول على لوح من الحديد فان وجد أن لهذه الذرات ميلا للالتصاق باللوح والتوهج يكون هذا دليلا على أن بعض الكبريت لايزال موجودا .

أما اذا تراجعت هذه الذرات بعد مصادمتها للوح وكانت خالية من التوهج يكون هذا دليلا على انتهاء العملية. ويترتب على عدم تمامها وجود كمية من الكبريت فى النحاس وحينئذ يظهر لون النحاس اسود لامعا بعد إزالة الخبث عنه . والمغالاة فى إمرار الهواء يجعل لون المعدن محروقا بتأكسد بعض النحاس . وفى بعض الأحوال يحتوى المعدن على كمية من الغازات مذابة فيه وفى مثل تلك الأحوال يتجمد على درجة حرارة أقل من درجة حرارة تجمده ، وبعد صبه فى الروازق وتجمده تخرج الغازات دفعة واحدة بقوة انفجارية حاملة معها جزءا من النحاس .

ويعالج الخبث الناتج من هذه المحولات مرة أخرى كى يستخلص باقى النحاس الموجود فيه بإحدى الطرق .

ويستخدم فى تبطين المحولات إحدى الطريقتين الآتيتين :

البطانة الحامضية — عند بدء استعمال المحولات لاستخلاص النحاس جعلت بطانتها سميكة وغنية بالسليكا حتى تصهر أوكسيد الحديد فأدى ذلك بطبيعة

الحال الى سرعة تآكل البطانة واصلاحها باستمرار . وتبطن المحولات بطبقة من الطين الحرارى الممزوج بالكوارتز المسحوق ويبلغ سمك تلك الطبقة حول قدمين عند القاع وتقل بالتدريج حتى تصل إلى ٦ بوصات عند الفوهة .

والمحول ذو البطانة الحامضية (السليكية) البالغ طوله ١٠ أقدام وقطره الداخلى ٨ أقدام يُخرج حوالى ١٥ طنا من النحاس الأجرب قبل إصلاحه واعادة تبطينه ، وذلك على ثلاث أو أربع دفعات ، وهذه الكمية تخرج من ركاز يحتوى على نحو ٥٠ ٪ تقريبا من معدن النحاس . ويبلغ وزن هذا المحول حوالى ٢٥ طنا منها ١٥ طنا تقريبا وزن البطانة .

البطانة القاعدية — لما ظهرت نقائص البطانة الحامضية بتآكلها السريع استعملت بطانة قاعدية بدلا منها فى كثير من المصانع الكبيرة كما استخدمت بطانة متعادلة ، وقد استخدم الجرافيت أيضا فى بعض البطانات وذُرّت السليكا أثناء دخول الهواء خلال الركاز المنصهر ، إلا أن ذلك لم يأتِ بالفائدة المرجوة ، وكان السبب فى ذلك صغر حجم المحولات ونتج عن ذلك تبريد الركاز قبل تحويله . فلما كبر حجم المحولات وزادت تبعا لذلك كمية الركاز قلت درجة التبريد فكان ذلك سببا فى نجاح المحولات ذات البطانة القاعدية وحتى أمكن إضافة السليكا اليها أثناء عملية التحويل على هيئة قطع بحجم ٣/٤" تقريبا . ويبلغ قطر بعض تلك المحولات من ٧ — ١١ قدما وطولها يتراوح من ١٠ — ٢٠ قدما . وتعمل البطانة القاعدية من طوب حرارى مركب من الكروميت أو الماجنيزيا ، وتبنى البطانة بالقطران كما هو الحال فى محولات بسمر للصلب .

وعند مرور الهواء فى الركاز المنصهر فى المحولات ذات البطانة القاعدية يتأكسد الحديد الموجود فى الركاز ويتحول إلى أوكسيد الحديد المغناطيسى

غير القابل للانصهار على درجة حرارة الركاز فيلتصق بجدران المحول ويزيد في سمك البطانة ، يحدث هذا عند بدء العملية وفى غياب السليكا ، فمن ذلك يرى أن الركاز يسلك طريقا غير الطريق الذى سلكه فى المحولات ذات البطانة الحامضية . وفى العادة وعند استعمال محول جديد لا تضاف السليكا حتى تتكون طبقة من أوكسيد الحديد على سطح البطانة الداخلية بقدر ٣ بوصات تقريبا لتق البطانة . وخشية من تصدع هذه الطبقة عند ماتبرد فى الفترة التى بين التفريغ والشحن يسلط عليها لهب غازى إن أمكن لتبقى درجة حرارة البطانة مرتفعة ، وبتلك الطريقة تظل حافظة لشكلها تقريبا . ولمنع تراكم صدأ الحديد المغناطيسى على سطح المحول الداخلى تضاف كمية من الألومينا بأية طريقة مع الركاز حتى تكون طبقة صغيرة فوق الطبقة الأولى لأوكسيد الحديد المغناطيسى، وبذا يمنع تلاصق كميات أخرى من هذا الأوكسيد على سطح المحول الداخلى ، ثم تستمر العملية وتضاف السليكا لتصهر أوكسيد الحديد المغناطيسى فيطفو خبثا .

طريقة شيلى — تستخدم فى المناطق التى يكون ثمن الوقود فيها مرتفعا . فيحمص النحاس الغفل أولا ثم يصهر فى فرن عال ذى قميص مائى . والركاز الناتج من عملية الصهر يحمص ثم يصهر ، فينتج منه نوع من النحاس محتو على نحو واحد فى المائة من الكبريت ، وعلى نسب صغيرة من المواد الأخرى ويباع هذا النحاس فى السوق على شكل "سيقان شيلى" وهو أقل نقاء من النحاس الأجرب .

الطريقة الرطبة أو المائية — يتبادل الحديد مع النحاس فى أملاحه وتسمى تلك الخاصية خاصية التبادل الكيميائى ، بمعنى أنه اذا غمرت قطعة من الحديد فى محلول كبريتات النحاس فانها تغطى بطبقة من النحاس النقى

وذلك بتبادل عنصر الحديد مع النحاس إذ يؤثر محلول كبريتات النحاس على الحديد مكونا كبريتات الحديد ونحاس نقى . وعلى هـذا تأسست نظرية استخلاص النحاس بالطريقة الرطبة . وتتلخص فى تحويل النحاس الغفل الكبريتى الى مادة قابلة للذوبان فى المـاء (كبريتات أو كلوريد النحاس) ، تحوّل الى محلول متشبع فاذا ما عولج المحلول باضافة كمية من الحديد الخردة إليه فإن الحديد يتبادل مع النحاس فيتحول الحديد إلى كبريتات أو كلوريد ويرسب النحاس حرا فى قاع المحلول .

ويحوّل النحاس الكبريتى — كالبيريطيس مثلا — الى كبريتات بتحميصه بعناية تامة فى أفران عاكسة على درجة حرارة منخفضة . فان كان البيريطيس فقيرا فى عنصر النحاس فانه يحمص فى أكوام مكشوفة للهواء ثم يغسل فى أحواض فتذوب الكبريتات فى المـاء ويُرسّب النحاس منها بالحديد الخردة كما سبق ذكره .

وبعض أنواع النحاس الغفل الكبريتى تتأكسد من تلقاء نفسها عند تعريضها للهواء الرطب ، ولهذا السبب وجد أن المياه العادية الخارجة من بعض مناجم النحاس تحتوى على كمية من محلول كبريتات النحاس فبدلا من ضياع هذه المياه هدرا أنشئت مصانع خاصة لاستخراج النحاس ، منهـا فى كثير من المناطق التى توجد فيها مياه من هذا القبيل ، كمقاطعة كورنوال فى انجلترا وغيرها .

أما تحويل النحاس الغفل الكبريتى الى كلوريد فيكون عادة بتحميصه مع كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) أو بمعالجته بكلوريد الحديد أو بخليط من ملح الطعام وثانى أوكسيد المـانجنيز .

ويستفاد من الطريقة الرطبة أيضا فى استخلاص النحاس من بقايا البيريطيس الاسبانى والنرويجى والبرتغالى التى تستخدم فى صناعة حامض الكبريتيك لأن هذه البقايا تحتوى على نسب صغيرة من النحاس تختلف من ٢ الى ٤ فى المائة .

الطريقة الكهربائية — جميع التجارب والمحاولات التى أجريت لاستخلاص النحاس من غفله بالطريقة الكهربائية مباشرة كانت غير مجدية ، ولذلك أصبحت هذه الطريقة مقصورة على تكرير النحاس الحر وتخليصه من أخلاطه فالنحاس المطلوب للأغراض الكهربائية يلزم أن يكون نقيا جدا . وقد وجد أن النحاس المستخلص بجميع الطرق السابقة الذكر لاتتوافر فيه هذه الدرجة من النقاء لذلك استدعى الأمر تكريره بطريقة التحليل الكهربائى . وطريقة ذلك أن يؤتى بالنحاس الخام غير النقى المستخلص بإحدى الطرائق السابقة ويصب على شكل ألواح سميكة . يختلف طولها من ٢ — ٢½ قدم وعرضها من ١ — ٢ قدما وسمكها من ١ — ٣ بوصة . ثم توضع هذه الألواح فى أكياس من الخيش وتغمر فى حوض يحتوى على نحو ١٥ فى المائة من كبريتات النحاس و ٥ فى المائة من حامض الكبريتيك وتوصل بالقطب الموجب لينبوع كهربائى . أما القطب السالب فيوصل بألواح رقيقة من النحاس النقى مغمورة فى نفس الحوض . فاذا ما مر تيار كهربائى فى المحلول فيفصل النحاس النقى منه وينتقل إلى الألواح الرقيقة فيلتصق بها . ويستعيض المحلول ما فقده من النحاس من الألواح السميكة فتتآكل .

أما المواد الأخرى الموجودة فى الألواح السميكة فإما أن تذوب فى المحلول وأما أن تتخلف فى الأكياس على شكل طينة من الأوساخ . وهذه الطينة تحتوى على نسبة غير قليلة من الذهب والفضة فيستخلص هذان المعدنان الثمينان منها كمحصول ثانوى .

وتبلغ درجة نقاء النحاس المستخلص بهذه الطريقة نحو ٩٩,٨ فى المائة وللدلالة على أهمية التكرير الكهربائى نورد هنا البيان الآتى :

بلغ ما استخلص من النحاس الخام فى الولايات المتحدة عام ١٩١٣ بجميع طرق الاستخلاص ٥٤٧٢٠٤ أطنان كرر منها بطريقة التحليل الكهربائى ٤٥٥٠٠٠ طن ، أى أن أغلب النحاس المستخلص فى هذه المملكة قد صار تكريره .

أما الطينة المتخلفة فى الحوض والأكياس فتختلف محتوياتها تبعا لنوع النحاس المكرر . والجدول الآتى يبين محتويات طينة مستخرجة فى حالة من الحالات :

نحاس	١٤,٣	كبريت	١,٦٩
فضة	٣٥,٠	حديد	٠,١٧
ذهب	٠,٦٤٣	رصاص	٢,٤٤
نيكل	٥,٢٥	سلينيوم	٥,٧٠
زرنيخ	٢,٦٨	تلليريوم	٢,٦٩
أنتيمون	٥,٣٥	زنك	آثار
بزموت	٠,٤٦	مواد غير ذائبة	٦,٦٠

أنواع النحاس التجارى — يعرض النحاس فى الأسواق المصرية على صورة ألواح فى الغالب، وتستخدم هذه الألواح فى صنع بعض الأوانى المنزلية ، ويباع أحيانا على صورة كتل تعرف باسم "النحاس الخام" وتستخدم فى المسابك لصنع السبائك النحاسية من نحاس أصفر و برنز وغير ذلك .

ويباع أيضا على صورة أسلاك وسيقان ومواسير الخ مما هو معروف لمن له اتصال بالسوق المصرية . لكنه فى السوق الانجليزية يعرض على أشكال شتى كما يأتى :

(١) النحاس الطرى — وهو نحاس عادى يراعى فى صنعه أن يكون فى أعلى درجة من قابليـة الطرق ومقاومة الثنى والالتواء ويباع على شـكل أقراص .

(٢) النحاس الرش — ويستخدم فى صنع سبائك النحاس الأصفر وما ماثلها، ويحصل عليه عادة بصب النحاس المنصهر فى ماء بارد أو ساخن فيبرد فيه على شكل رش (كرات صغيرة) وأحيانا على شكل قشور .

(٣) النحاس الوردى — ويحصـل عليه عادة برش المـاء على سطح النحاس المنصهر فيبرد السطح ويتحول إلى قشور ذات لون أحمر وردى فتؤخذ هذه القشور وتعرض فى السوق باسم النحاس الوردى .

(٤) سيقان شيلى — سبق شرحها ويبلغ وزن الساق منها نحو قنطارين انجليزيين . ونظرا لقلة نقاء هـذا النوع فانه يكرر غالبا قبـل استخدامه فى الأغراض الصناعية .

(٥) النحاس المرسب — ويحصـل عليه بالطريقـة الرطبة السابق شرحها ويكون على شكل حبوب دقيقة جدا . ودرجة نقائه مختلفة . وأكثر المواد الغريبة وجودا فيه هو أوكسيد الحديد .

(٦) النحاس الكهربائى — وهو النحاس المكرر بطريقـة التحليل الكهربائى السابق شرحها .

وهذه الأنواع الست يمكن أن يطلق عليها اسم النحاس الخام فتشتريهـا المصانع وتحولها إلى ألواح أو سيقان أو مواسير أو سبائك أو أسلاك الخ .

السبائك النحاسية — يخلط النحاس بكثير من المعادن الأخرى لتعديل خصائصه وجعله صالحاً لأغراض معينة . وأهم سبائك النحاس هي :

(١) النحاس الأصفر — وهو خليط من النحاس والزنك بنسب مختلفة، وقد يضاف إليهما أحيانا نسب صغيرة من القصدير أو الحديد لأغراض خاصة وتختلف نسبة النحاس فيه من ١٠ إلى ٨٠ في المائة .

(٢) البرنز — كثيرا مايخلط بينه وبين النحاس الأصفر لاشتراكهما تقريبا في اللون ، ولو أن البرنز يختلف عن النحاس الأصفر إذ أن أهم مركباته بعد النحاس هو القصدير ، وقد يضاف اليه أحيانا قليل من الزنك أو الرصاص .

والجدول المبين بالصفحة التالية يبين تركيب بعض سبائك النحاس الأصفر والبرنز التي تستخدم في عمل المسبوكات .

(٣) المعدن الأبيض — ويطلق عليه الصناع المصريون اسم "السبيكة" ويستخدم على الأخص في تبطين لقم كراسي المحركات والآلات . وهو على أنواع كثيرة نجتزئ بذكر خمسة منها يعتبرها الأمريكيون أنواعا قياسية .

النوع	التركيب			
	قصدير	انتيمون	نحاس	رصاص
نمرة ١	٨٣٫٣٣	٨٫٣٣	٨٫٣٣	—
« ٢	٨٩٫٠٠	٧٫٠٠	٤٫٠٠	—
« ٣	٥٠٫٠٠	١٥٫٠٠	٢٫٠٠	٣٣
« ٤	٥٫٠٠	١٥٫٠٠	—	٨٠
« ٥	—	١٢٫٠٠	—	٩٠

نوع السبيكة واستخدامها	التركيب			
	نحاس	قصدير	زنك	رصاص
سبيكة لصناديق الدناجل	٨٤	١٢	٤	—
« للأجراس	٧٥ — ٨٠	٢٠ — ٢٥	—	—
« نحاس أصفر جيد	٧٥	٢	٢٥	—
« « ضارب لحمرة للمسبوكات الصغيرة	٩٠	٣	١٠	٢
« نحاس أصفر ضارب للبياض ...	١٠	١٠	٨٠	—
« برنز مقاوم للاحماض	٨٦	٣	٢	٩
« « للتروس	٨٨	١٠	٢	—
« « للتماثيل	٩٠	٦	٣	١
« للقم أذرع التوصيل	٧٨	٩	٩	—
« للتركيبات الكهربائية	٩٣	٣	٢	٢
« ناشمة جدا للكراسى	٨٦٫٥	١٣٫٥	—	—
« نحاس أصفر للماكينات	٣٢	٤٠	١	٢
« معدن المدافع	٨٨	١٠	٢	—
« « للأغراض المائية ...	٨٥	١٠	٢	٣
« للقوالب	٩١	٦	٢	١
« لليفط	٨٦	٣	٩	٢
« للارانيك	٨٨	٨	٢	٢
« لشنابر المكابس	٨٩	١١	—	—
« المعدن الأحمر الرخيص	٨٠	—	٨	٨
« نحاس أصفر طرى	٦٤	—	٢٠	٨
« لصمامات البخار	٨٧	٧	٣	٣
« البطانة	٥	٦٫٥	٨٢	٦٫٥
« نحاس أصفر للحنفيات	٧٨	٣	١٤	٣
« سيقان الصمامات	٣٢	—	٦	١
« المعدن الأبيض	٣٥	٢٫٥	١٣	—

(٤) سبائك متنوعة — يدخل النحاس فى تركيب بعض السبائك التى تستخدم فى صنع الأدوات المنزلية من صوانى وأباريق وخلافه . وأهم هذه السبائك اثنتان :

(الأولى) السبيكة المعروفة باسم "الفضة الألمانية" — وتتركب من ١٥ إلى ٢٨,٣ نيكل و ٣٨,٣ إلى ٦٠ نحاس ، ٢٣ إلى ٣٣,٣ زنك .

(والثانية) النحاس الأبيض — ويتركب من ١٤ — ٣١,٥ ، نيكل و ٤٠ — ٥٦ نحاس ، و ٢٣ — ٢٦ زنك و ٢,٣ — ٣,٥ حديد ، ومن صفر إلى ٤ قصدير .

كذلك يدخل النحاس مع الفضة والذهب والنيكل فى تركيب العملة بنسب تختلف باختلاف الممالك ، كما أنه يدخل فى سبائك كثيرة ذات أهمية ثانوية لايتسع المجال لحصرها، فقط نذكر منها سبيكة اللحام — وتعرف فى الورش المصرية باسم مونة اللحام — وتتركب من ٥٠ فى المائة نحاس و ٥٠ فى المائة زنك .

وقد يضاف الفوسفور بنسب قليلة إلى السبائك النحاسية وأخصها البرنز ويطلق عليه اسم البرنز الفوسفورى، ويستعمل بكثرة فى لقم الكراسى وجلب أزرار محركات السيارات، ويضاف الفوسفور أثناء تكوين السبيكة النحاسية على هيئة نحاس فوسفورى. وللفوسفور تأثير غريب على سبائك النحاس فيكسبها لدونة ومقاومة لفعل التآكل. وبإضافة الفوسفور أمكن صنع خيوط من البرنز الفوسفورى تشبه خيوط الحياكة .

الفصل الرابع عشر

الخارصين (الزنك)

الزنك معــدن معروف من قديم الزمان و إن كانت لم تصل إلينا تفاصيل دقيقة عن مدى معرفة القدماء به كمعدن مستقل . لكن مما لا شك فيه أن النحاس الأصفر — وهو خليط من الزنك والنحاس — كان من أهم المعادن التى إستخدمها القدماء بكثرة . وهــذا فى ذاته دليل كاف على وجود الزنك واستخدامه فى العصور الخالية . وفى أوائل القرن السابع عشر ظهر هــذا المعدن فى الأسواق الأوربية تحت اسم القصدير الهندى ، وكان يســتورد حينئذ من الصين وجزائر الهند الشرقية . وفى عام ١٧٢١ أمكن هنكل استخلاصه من الكالمين بطريقة الاختزال. وفى عام ١٧٤٠ أنشئت فى برستول بانجلترا مصانع لاستخلاصه بواسطة التقطير ، ومن ثم انتشر استخلاصه بهذه الطريقة فى بلجيكا وألمــانيا وغيرهما .

والزنك عنصر معدنى يطلق عليــه المصريون أحيانا اسم " التوتيا " . والنقى منه قابل للطرق وذو لمعة شديدة ولون أبيض ضارب للزرقة . فان اختلط بمواد غريبة — كما فى الزنك التجارى — يقتم لونه قليلا و يصبح ناشفا هشا سريع التبلور . بسهولة يقبل الطرق إلى صفائح رقيقة، كذلك السحب الى اسلاك ان رفعت درجة حرارته بين ١٠٠° — ١٥٠° مئوية . وفيما بين ٢٠٠° الى ٣٠٠° مئوية تزداد هشاشته حتى يمكن سحقه مسحوقا ناعما .

وهو أشد نشوفة من القصدير، وأطرى من النحاس ، ينكمش قليلا عند صهره ، وعلى ذلك يصلح لعمل المسبوكات . وينصهر على درجة ٤١٢° مئوية ويغلى ثم يتباخر على درجة ٩٥٠° . يحترق بخاره فى الهواء بلون أبيض ضارب للزرقة ولهب وضاء مكونا أوكسيد الزنك (خ ا) الذى يتكثف على صورة ريش رقيق أبيض يطلق عليه اسم "صوف الفلاسفة" . وأوكسيد الزنك لاينصهر فى درجة حرارة الأفران العادية انما يصفر لونه فقط ، ويستعمل — بعد سحقه — كمادة للدهان (بوية) ويباع تحت اسم "ابيض الزنك" ويستعمل فى الطب فيخلط مع الفازلين فى صنع مرهم الزنك .

يتأثر الزنك قليلا بالهواء الجوى العادى . فان عرض لجو رطب يعلوه غشاء رقيق من أوكسيد الزنك ، غير القابل للذوبان فى الماء . فيق هذا الأوكسيد بقية المعدن من التأكسد . ولذا يستعمل فى طلاء ألواح الصاج والأسلاك والأدوات الحديدية بطبقة من الزنك بواسطة عملية الجلفنة .

ويتأثر الزنك بالأحماض النباتية والمواد القلوية فلا يصلح لأن تعمل منه أوان لحفظ الفاكهة واللحوم والخضروات المحفوظة . كذلك يتأثر بالأحماض غير النباتية كحامض الكبريتيك مثلا ، فلا يصلح للاستعمال فى المدن التى تحتوى أجواؤها على أبخرة حامضية .

والزنك إن كان نقيا لا يتأثر بالماء ويتأثر قليلا بحامضى الكبريتيك والكلورودريك المخففين ويذوب فى حامض الأزوتيك .

ويتبادل الزنك مع الذهب والفضة والبلاتين والنحاس والرصاص والقصدير والانتيمون والبزموت والزرنيخ . فان وضع فى محاليل أملاح تلك المعادن ترسب الأخيرة فى القاع ويتحول محلولها إلى محلول من أملاح

الزنك . ولهذا السبب يستعمل الزنك فى استخلاص بعض تلك المعـادن من محاليلها .

ولا يتحد الزنك بسهولة مع الكبريت ، لذلك يحصل على كبريتيد الزنك إما بتسخين أوكسيد الزنك مع الكبريت وإما برش خليط من الكبريت ومسحوق الزنك فى بودقة ساخنة لدرجة الأحمرار .

ولفرط هشاشة الزنك كان استخدامه فى بادئ الأمر مقصورا على خلطه بالنحاس فى صناعة النحاس الأصفر ، لكن فى أوائل القرن التاسع عشر اكتشفت خاصـية قابليته للطرق والسحب عنـد تسخينه إلى درجة ١٠٠° — ١٥٠° مئوية ، ومن ذلك الوقت آخذ فى استخدامه فى صنع الألواح والأسلاك . وقد وجد أن إضافة كمية أقل من واحد فى المـائة من الرصاص اليه تسهل كثيرا تصفيحه إلى ألواح، لكنها تقلل من متانة النحاس الأصفر الذى يستخرج منه .

الزنك الغفل — يوجد فى الطبيعة إما على هيئة أوكسيد وإما كربونات وإما كبريتيد وإما سليكات مائية وإما على هيئة خليط من نوعين أو أكثر من هـذه الأنواع . ويكون دائمـا مختلطا بعناصر ومعادن أخرى أخصها الكادميوم . وأهم أنواع الزنك الغفل هى :

١ — الزنك الغفل الأحمر أو (الاسبارتاليت) — وهو أوكسيد الزنك وتركيبه الكيميائى (خ ا) . لونه أحمر بالنسبة لاحتوائه على عنصر المـانجنيز .

٢ — الكالمين — وهو كربونات الزنك (خ ك $ا_٣$) . ويختلف لونه من أبيض إلى بنى . واللون الأخير يكون نتيجة اختلاط الكالمين بأوكسيد الحـديد . وأهم البلاد التى يوجد فيهـا هى : انجلترا واسكتلندا وسيليزيا وبلجيكا واسبانيا وأمريكا ومقاطعة الرين . ويوجد فى الغالب موزعا بين

الصخور ومختلطا بكبريتيد الزنك وسليكاته المائية وبكبريتيد الرصاص وكبريتاته وبأوكسيد الحديد وبالكادميوم .

٣ — البلند — أو كبريتيد الزنك (خ كب) . وهو أكثر أنواع الزنك الغفل انتشارا فى العالم ، ويوجد فى انجلترا والولايات المتحدة وروسيا وكثير من البلدان الأخرى . لونه أبيض إن كان غير مختلط بغفل المعادن الأخرى . فان اختلط بها يتغير لونه ويستحيل إلى عدة ألوان أخرى تختلف من أصفر فاتح إلى أسود . واللون الأخير نتيجة وجود الحديد الغفل فيه . ويوجد هذا الزنك فى الغالب على صورة بلورات قاتمة اللون مختلطة بالصخور والبيريطيس والكالمين .

تجهيز الزنك الغفل — تجرى على الزنك الغفل عمليات تجهيزية لفصله من أخلاطه قبل تقطيره . وتتلخص هذه العمليات فى تكسير الزنك الغفل وفصله من المعادن الأخرى المختلطة به لا سيما أوكسيدى الحديد والرصاص ، حيث أنهما فى درجات الحرارة المرتفعة يحدثان تلفا بالغا فى أفران التقطير .

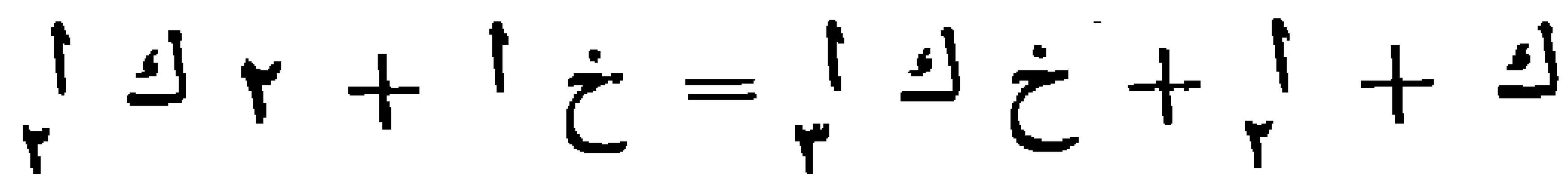
تكليس الزنك الغفل — يكلس الزنك الغفل لتحويل كبريتيد أو كربونات الزنك الى أوكسيد بتسخينهما على درجة حرارة منخفضة ويكلس الكبريتيد فى أفران مفتوحة للهواء ذات مرقد طويل ومجهزة بقلابات آلية لتقليب المعدن .

$$\text{٢ خ كب} + \text{٣ ا}_{\text{٢}} \rightarrow \text{٢ خ ا} + \text{٢ كب ا}_{\text{٢}} \uparrow$$

كبريتيد الزنك + أوكسجين = أوكسيد الزنك + ثانى أوكسيد الكبريت .

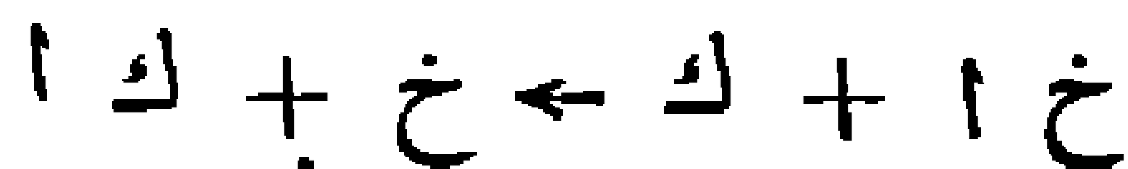
أما الكالمين (كربونات الزنك) فتكلس القطع الصغيرة منه فى أفران من النوع العاكس ، تسخن بالغازات الساخنة الخارجة من أفران الصهر

والتقطير . وتكلس القطع الكبيرة فى قمائن تغذى من قمتها بالمعدن الغفل ومعه قليل من الفحم ويسحب المعدن المكلس من قاعها .



كربون + أوكسجين + كربونات الزنك = أوكسيد الزنك + ثانى أوكسيد الكربون .

استخلاص الزنك من غفله — بعد تكليس المعدن الغفل وتحويله إلى أوكسيد يستخلص الزنك منه بالاختزال، وذلك أن يسخن أوكسيد الزنك جيدا ويخلط بمسحوق مادة كربونية ، ثم يسخن لدرجة الاحمرار الزاهى فى أفران التقطير الى درجة أعلى من درجة غليان الزنك فيختزل الأوكسيد وينتج من ذلك زنك وأول أوكسيد الكربون .



أوكسيد زنك + كربون = زنك + أول أوكسيد الكربون .

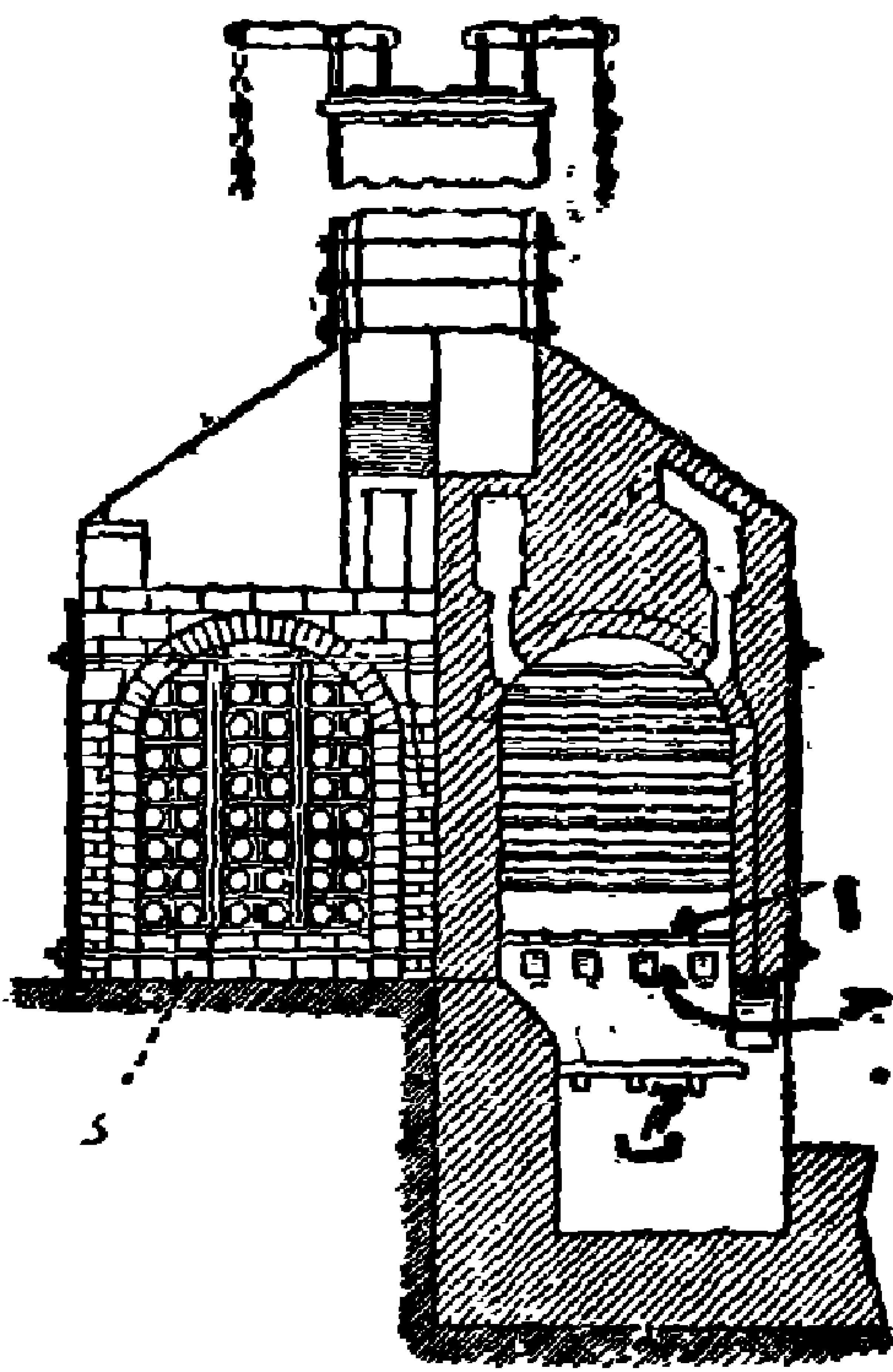
ويتم الاختزال فى مواسير من الطين الحرارى (تعرف بالمعوجات) ، مقفلة من إحدى طرفيها ومتصلة من الطرف الآخر بأوعية يستقبل فيها الزنك المتباخر ليكثف فيها وتسمى قوابل .

وتختلف هـذه المعوجات فى أشكالها وفى أشكال قوابلها كما تختلف فى طرائق وضعها فى أفران التقطير تبعا لمناطق استخلاص المعدن .

وأشهر طرائق الاستخلاص ثلاث : الطريقة البلجيكية والطريقة السيليزية والطريقة الراينية (نسبة إلى منطقة الراين) .

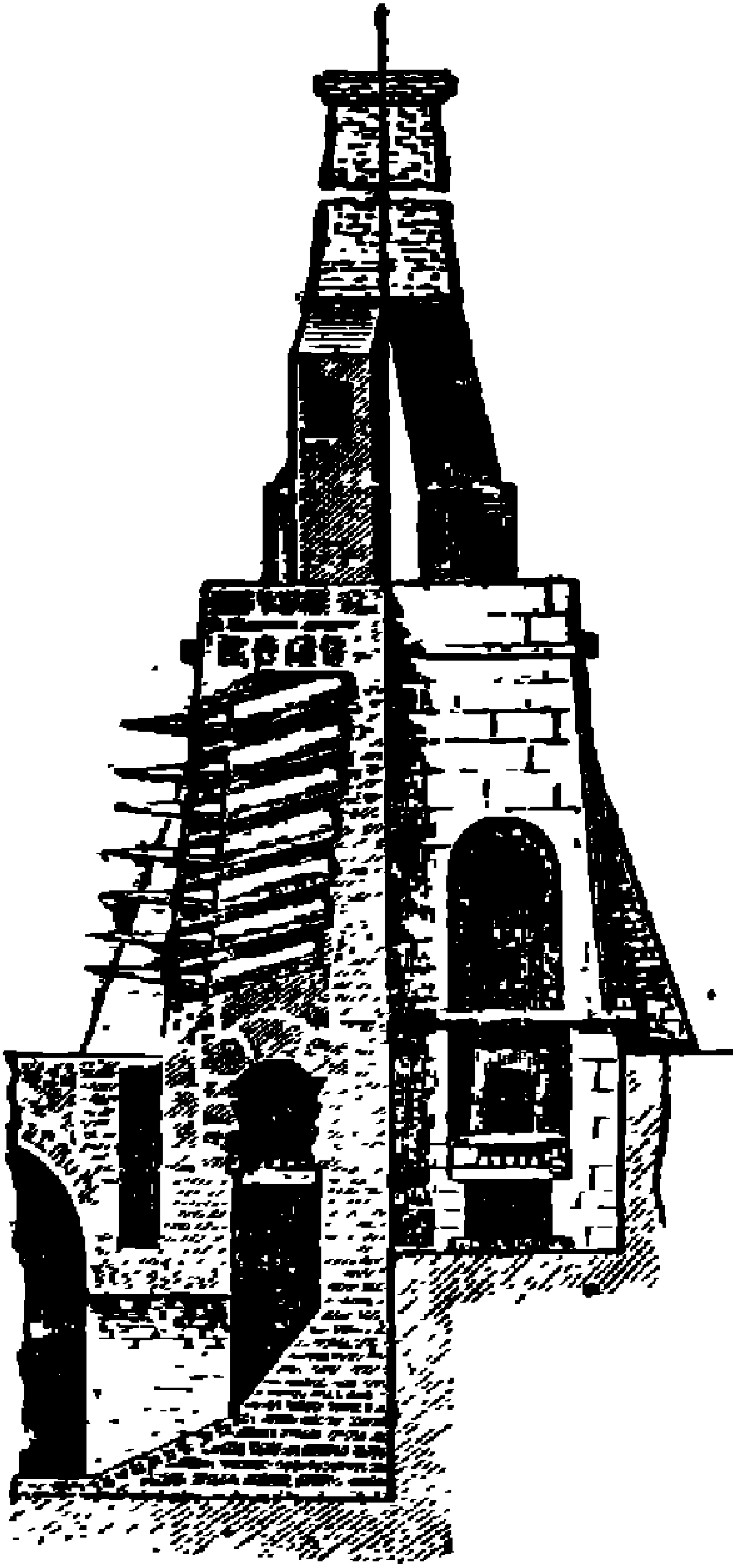
ولما كانت كلها تتحد فى نظرية تشغيلها وتختلف فقط فى نظام الأفران والمعوجات والقوابل فاننا نكتفى هنا بشرح الطريقة البلجيكية تفصيليا :

الطريقة البلجيكية — معوجاتها مواسير قطاعها مستدير أو بيضاوى ، مقفلة من أحد طرفيها ، مفتوحة من الطرف الآخر . يختلف طول الواحدة منها من ٣ إلى ٤ أقدام ، وقطرها من ٦ إلى ١٠ بوصات . وتركب هذه المعوجات فى أفران التقطير فى صفوف بعضها فوق بعض ، ويرتكز طرفا كل معوجة على الجدارين الأمامى والخلفى للفرن ، وينحدر الطرف المفتوح قليلا إلى أسفل . وشكلا (٦٤) و (٦٥) يبينان قطاعين مختلفين لمجموعتين من أفران التقطير المستخدمة فى هذه الطريقة وترتيب وضع المعوجات فيها. تبنى كل مجموعة من أربع أفران ظهرا لظهر وتتحد كلها فى مدخنة واحدة ، ويحتوى كل فرن على ٤٠ — ٨٠ معوجة . ويتركب كل فرن من أفران المجموعة المبينة فى شكل (٦٤) من بيت للنار (ب) به مجار للغازات الملتهبة (ح) وتعلوه غرفة (ا) تركب فيها المعوجات . وتقفل واجهة الفرن بلوح سميك من الزهر (ى) به عيون تنفذ منها الأطراف الأمامية للمعوجات . وتسع كل عين معوجتين . ويبطن هذا اللوح من الداخل بالطوب الحرارى . وشكل (٦٥) يبين أيضا طريقة اتصال المعوجات بقوابلها وأبواقها فى مجموعة أفران أخرى



(شكل ٦٤ — مجموعة أفران بلجيكية)

تسع كل عين من عيونها معوجة واحدة . والقابلة وعاء اسطوانى من أحد طرفيـه مخروطى من الطرف الآخر ، يبلغ طولهـا نحو ١٦ بوصـة ويركب طرفهـا الاسطوانى فى المعوجة وطرفهـا المخروطى فى البوق . والبوق عبارة عن مخروط مصنوع من الصاج طرفه مستدق . وشكل (٦٦) يبين القابلة و بوقها .



(شكل ٦٥ — مجموعة أفران بلجيكية)

وتسخن المعوجات لدرجة الاحمرار قبل وضعها فى الأفران ثم توضع ويسد ماحولها من فتحات العيون بخليط مكون من مسحوق البوادق والطين الحرارى . ويسـد أيضا الطرف المفتوح للمعوجات بسـدادات غير محكمة من الطين الحرارى . ثم يشرع فى تسخين الفرن بالغـاز غالبا وترفع درجة حرارته تدريجيا حتى اذا ما انقضت اثنتاعشرة ساعة ترفع السدادة من المعوجات وتوضع فيها الشحنة بواسطة ملاعق ذات أيد طويلة . وتتكون الشحنة من مسحوق الزنك الغفل المكلس ومسحوق مادة كربونية كالانتراسيت أوالكوك أوالفحم الحجرى بعد تنديتها جميعها بالمـاء . وتختلف شحنـة كل معوجة من ١٣ — ٢٧ رطلا و يراعى أن تكون شحنة المعوجات السفلى المعرضة للحرارة الشـديدة أ كبر من شحنة المعوجات العليا .



(شكل ٦٦ — القابلة و بوقها)

وبعد إتمـام الشحن تركب القوابل على المعوجات وتحكم وصلاتها بالطين الحرارى . فاذا ما ارتفعت حرارة الفرن الى درجة ١٠٣٠° مئوية يبدأ المعدن فى التباخر فينتقل البخار من المعوجات الى القوابل ، وعندها تركب الأبواق على الأخيرة وتلف مواضع الاتصال بخرقة مبللة منعا لهروب الأبخرة .

وعند بدء التقطير يخرج من الأبواق غاز أول أوكسيد الكربون . وعند إشعال هذا الغـاز يكون لون لهبه بنيًا نظرا لإحتوائه على أبخرة معدن الكادميوم الموجود دائمـا فى الزنك الغفل والذى يتباخر قبله . ثم يتغير لون اللهب بعد ذلك فيصبح أبيض ضاربا للخضرة ويكون مصحوبا بأبخرة بيضاء هى أبخرة الزنك . وتستمر هذه الأبخرة طوال مدة التقطير التى تستغرق نحو ١٢ ساعة . وفى خلالها يتكاثف الزنك فى القوابل على هيئة مسحوق لا يلبث أن يتحول الى سائل يسحب منها من وقت لآخر — بعد رفع الأبواق — ويستقبل فى ملاعق من الحديد ثم يصب على شكل ألواح أو سيقان أو قطع منشورية الشكل . وعند انتهاء التقطير تسحب الفضلات من المعوجات الى بخوة فى أسفل الفرن ، ثم يبدأ فى وضع شحنة جديدة وهكذا دواليك .

وكمية الزنك الناتجة من هذه الطريقة تختلف من ٣٠ — ٤٠ فى المـائة ان كان المعدن الغفل يحتوى من الأصل على ٥٠ فى المـائة من الزنك .

والزنك المستخلص بهـذه الكيفية لا يكون نقيا لأنه يحتوى على كربون وحديد وزرنيخ وكادميوم وكبريت ورصاص . ويمكن إزالة بعض هذه المواد منه بإعادة تقطيره .

استخلاص الزنك بطريقة التحليل الكهربائى — كان الحـافز لاستخدام هذه الطريقة فى السنين الأخيرة ما يأتى :

(١) فقـد نحو ٢٥ ٪ من عنصر الزنك فى عملية الاستخلاص بأفران التقطير .

(٢) سرعة تآكل وتلف المعوجات فى الأفران المذكورة .

(٣) الحاجة الشديدة الى زنك جيد خال من الحديد والرصاص لاستخدامه فى صنع سبائك النحاس الأصفر .

ولقـد أجريت محـاولات عدة فى أوقات مختلفـة لاستخلاص الزنك بالكهرباء وذلك بتحميص الزنك الغفل وتحويله الى مركب قابل للذوبان كالكبريتات أو الكلوريد ثم إذابة هـذا المركب فى المـاء على هيئة محلول وإمرار تيار من الكهرباء فيه لتحليله . غير أن هذه المحاولات لم تصادف فى بادئ الأمر إلا قليلا من النجاح للأسباب الآتية :

(أ) عظم القدرة الكهربائيـة اللازمة لترسيب معدن رخيص كالزنك من محلوله وكثرة التكاليف المترتبة على ذلك .

(ب) صعوبة الحصول على قطب سالب يرسب الزنك عليـه وصعوبة الحصول على راسب جيد متجانس .

(ج) صعوبة عمليـات التحميص لتحويل المعدن الغفل إلى مركب قابل للذوبان ، وصعوبة تنقية هـذا المحلول من المعادن الأخرى المختلطة به :

(د) قلة الطلب على الزنك النقى .

لكن فى السنين الأخيرة اشتد الطلب على الزنك النقى لاستخدامه فى سبائك النحاس الأصفر فكان ذلك حافزا قويا لموالاة التجارب حتى أمكن التغلب

على هذه الصعوبات ، فانتشر استخدام هذه الطريقة فى الأماكن التى توافر فيها الزنك الغفل والقدرة الكهربائية الرخيصة . ومما زاد فى انتشارها إمكان استخدامها فى استخلاص الزنك من الغفل المحتوى على زنك و رصاص ونحاس وفضة وغيرها من المعادن .

وتستخدم هذه الطريقة على الأخص فى استخلاص الزنك من كبريتيده . وتتلخص فى تحميص كبريتيد الزنك (البلند) على درجة حرارة منخفضة ما بين ٦٠٠° ، ٦٥٠° مئوية حتى يتحول الى كبريتات دون أن تتكون فيه سليكات أو غيرها من المواد غير القابلة للذوبان فى الماء ، ثم يذاب المعدن الغفل المحمص فى ماء محتو على نحو ١٠ ٪ من حامض الكبريتيك أو فى محلول سبق استخدامه فى عملية تحليل سابقة ، وبعد ذلك ينقى المحلول من أغلب المعادن المختلطة به ويوضع فى أحواض من الخشب مبطنة بالرصاص أو فى أحواض من الخراسانة مبطنة بالأسفلت طولها ٧ أقدام وعرضها ٣ أقدام وارتفاعها ٤ ١/٢ قدم ، مجهزة بسبعة وثلاثين قطبا يبعد الواحد منها عن مجاوره بوصتين ، ومنها ١٩ قطبا موجبا و ١٨ قطبا سالبا. والأقطاب الموجبة مصنوعة من ألواح الرصاص سمك ١/٤ بوصة والأقطاب السالبة من الألومنيوم سمك ١/٨ بوصة . ثم يسلط على الحوض تيار كهربائى فيتحلل المحلول ويتجمع الزنك على القطب السالب ويزال كل ٤٨ ساعة حيث يكون سمكه قد بلغ نحو ١/٨ بوصة .

استخدام الزنك — يستخدم الزنك الآن بكثرة فى جلفنة الألواح الصاج كما يستخدم فى صنع بعض الأوانى المنزلية وفى تبطين الثلاجات . كذلك يستخدم بكثرة فى عمل سبائك النحاس الأصفر والفضة الألمانية وغيرها مما سبق ذكره فى الفصل الثالث عشر . ويستخدم مع القصدير والرصاص

والانتيمون فى عمل سبائك أخرى سنشرحها فى الفصــل القادم ، وتعمل منه أيضا المواسير والأقفزة وغيرها من الأدوات اللازمة لمــد الأسلاك الكهربائية فى المنازل كما تعمل منه كثير من التمــاثيل والأدوات الرخيصة .

ومن أهم الأسباب التى دعت الى استخدام الزنك فى الأقطاب السالبــة للأعمدة الكهربائيــة هو عدم تآكلها الا عنــد غلق الدائرة الكهربائية . ولمــا كان الزنك النقى غاليا وصعب الحصول عليــه استعمل الزنك التجارى لهذا الغرض بعد ملغمته بالزئبق فبذلك يكتسب تلك الخاصية .

الفصل الخامس عشر

القصـــدير

القصدير معـدن قديم جدا اكتشفت قطع غير قليلة منه فى مقابر قدماء المصريين ، وهذا دليل قاطع على معرفة الأقدمين له ، واستخدامهم إياه فى أغراضهم الصناعية والزخرفية . كذلك استخدمه قدماء الهنود واليونان بكثرة . وكان الهنود يسمونه "كاستيرا" واليونان يسمونه " كاسيتيروس" ويغلب على الظن أن لفظة "قصـدير" العربية قد عربت عن أحد هذين الاسمين .

وهو معدن أبيض لامع يضرب قليلا الى الزرقة الباهتة . أشـد صلابة (نشوفة) من الرصاص وأطرى من الزنك ، يمكن خدشـه وقطعه بسهولة بواسطة سكين . يقبل الطرق والسحب حتى ليمكن طرقه الى رقائق يختلف سمكها من ٠٫٠١ الى ٠٫١ من المليمتر كما يمكن سحبه الى أسلاك دقيقة . وبالتسخين تزداد قابليته للسحب فتصل الى أقصى حدودها عند درجة ١٠٠° مئوية ، لكنه ينقلب هشا جدا عند درجة ٢٠٠° مئوية حتى ليمكن سحقه. ينصهر على درجة ٢٣٠° مئوية وعند تجمده يظهر عليـه ميل واضح للتبلور . سهل الثنى وعند ثنيه يحدث صوتا شبيها بالأزيز، ويعزى هذا الصوت الى احتكاك بلوراته عند انزلاق بعضها على بعض . وإذا غمر فى مخلوط مكون من حامضى الأزوتيك والكبريتيك المخففين تجمد سطحه الخارجى على صورة بلورات جميلة ويأخذ شكلا متماوجا يسمى "الموريه المعدنى" ويستفاد

من هذه الخاصية فى زخرفة المعادن بطلائها بالقصدير وغمرها فى خليط الحامضين المذكورين ثم دهانها بالورنيش المختلف الألوان .

ويغلى القصدير على درجة ٢٢٧٥° مئوية ويتباخر تباخرا محسوسا على درجة ١٢٠٠°م. وإذا سخن فى الهواء يحترق مابين درجتى ١٥٠٠° ، ١٦٠٠°م. بلهب أبيض ويتحول الى أوكسيد . واذا سخن مدة من الزمن فى الهــواء الى درجة تعلو درجة انصهاره تتكون عليه رغوة بيضاء ضاربة للاصفرار هى أوكسيد القصدير . واذا برد الى ما تحت درجة ١٨° مئوية يتحول الى مســحوق ذى لون رمادى فى الغالب وهــذا التحول كثيرا ما يحدث من تلقاء نفســه فى أيام الشتاء .

والقصدير النقى إن صب على شكل قطع منشورية الشكل فى درجة حرارة منخفضة يصبح لامعا عند تجمده . فان كان مختلطـا بمواد أخرى تنطفئ هذه اللعة بدرجة تتناسب وكمية المواد المختلطة به .

ولا يتأثر القصدير بالهواء الجوى — رطبا كان أم جافا — فى درجات الحرارة العادية فيحتفظ بلونه ولمعته كما أنه لا يتأثر بالأحماض النباتيــة ولا بالعصير الحيوانى . ولهــذا السبب يستخدم بكثرة فى طلاء أوانى المطابخ وفى صنع الصفائح (العلب) المستعملة فى حفظ المــأكولات والفــاكهة وما شــابههما . لكنه يتأثر بالأحماض غير العضوية كأحماض الكبريتيك والكلورودريك والأزوتيك .

القصــدير الغفل — يوجد القصدير دائما كمعدن غفل ويوجد فى شــبه جزيرة الملايو وأرخبيلها وفى أستراليا وبوهيميا وبوليفيا ونيجيريا والولايات المتحدة والمكسيك وما يوجد منه فى الملايو كثير جدا حتى انه يستخلص منه نحو ثلث مقطوعية العالم كله من القصدير .

واهم أنواع القصدير الغفل هو (القصديريت) وتركيبه الكيميائى ($ق أ_2$) أى أوكسيد القصدير . لونه إما ضارب للاصفرار وإما أسود . وهو صلب لا يمكن خدشه بسكين . وله لمعة شديدة . ويوجد فى الطبيعة إما على شكل بلورات كبيرة منتشرة بين طبقات الصخور أو الأرض على هيئة عروق واضحة . وإما على شكل حبيبات صغيرة صلبة موزعة فى الكتل الصخرية . وقد يوجد القصديريت فى بعض المناطق متخلفا فى قاع الأنهار وذلك من تفتت الأحجار المحتوية عليه بتأثير الجو فتحمله المياه الى قاع الأنهار .

ويوجد القصديريت على الدوام مختلطا بالطفل والصخور وبغفل بعض المعادن الأخرى أخصها بيريطيس النحاس والحديد وكبريتيد الرصاص وكبريتيد الزنك والزرنيخ وتجستات الحديد .

تجهيز القصدير الغفل — يفصل القصدير الغفل عن أخلاطه الطفلية والصخرية — إن كان على شكل حبيبات — بغسله فى تيار من الماء فيحمل التيار معه الأخلاط لخفتها ويترك القصدير الغفل فى موضعه . لكنه ان كان على شكل بلورات كبيرة يكسر أولا بواسطة ماكينات التكسير ثم يفرز من أخلاطه باليد وتجرى عليه بعد ذلك عملية الغسيل لإزالة بقية الأخلاط منه .

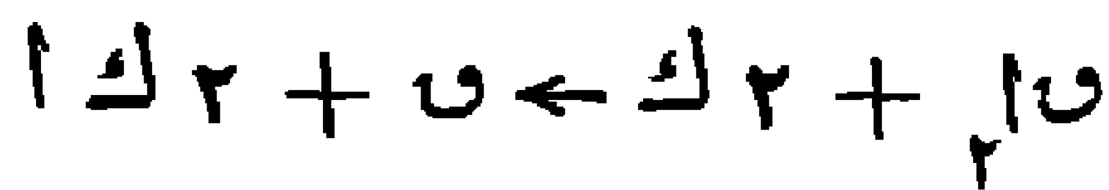
تكليس القصدير الغفل — يكلس القصدير الغفل لإزالة أغلب ما به من الزرنيخ والكبريت فيوضع فى أفران كبيرة الحجم من النوع العاكس ، ويسخن الى درجة حرارة منخفضة منعا من التصاق بعضه ببعض ، ويقلب كل عشرين دقيقة تقريبا بطريقة آلية . وفى خلال التحميص يتحد الزرنيخ مع أوكسجين الهواء ، ويتحول الى أوكسيد الزرنيخ الذى يخرج من الفرن على صورة غاز يتكاثف فى مجار طويلة معدة خصوصا له حيث يجمع منها . ويحترق

الكبريت فيتحول الى ثانى أوكسيد الكبريت . أما النحاس فتتحول كمية كبيرة منه الى كبريتات النحاس .

وبعد انتهاء التكليس يرطب المعدن الغفل المكلس بالماء ، ويجمع على شكل أكوام ويترك فى الهواء بضعة أيام لتحويل بعض كبريتيد المعادن المختلطة به الى كبريتات قابلة للذوبان . وبعد ذلك يوضع فى أحواض مملوءة بالماء ويقلب فيها فتذوب منه كبريتات تلك المعادن وغيرها من المواد القابلة للذوبان . وما يتبقى بعد ذلك يكون مركبا على الأخص من أوكسيد القصدير والحديد ، فيهبط الأول الى قاع الحوض ويهبط الثانى فوقه حيث يفصل عنه بالغسيل . واذا تخلف فى القصدير الغفل بعد التكليس معدن التانجستن فانه يفصل أحيانا هو والحديد بإمرار المعدن الغفل تحت تأثير مغناطيس قوى يفصلهما منه .

استخلاص القصدير من غفله — يتم بطريقة الاختزال بأن يصهر أوكسيد القصدير فى فرن من النوع العاكس بعد أن يخلط بمسحوق فحم الانتراسيت ويصنع فرش هذا الفرن من ألواح سميكة من الاردواز ، ترتكز على سيقان من الحديد ، وتبطن بالطين الحرارى . وتتألف الشحنة من نحو طن واحد من أوكسيد القصدير مختلط بثلاثة أو أربعة قناطير من مسحوق فحم الإنتراسيت تبعا لدرجة نقاء الأوكسيد ، يضاف إليها جزء من الجير إن كان الأوكسيد محتويا على السليكا وترطب الشحنة بالماء لتتماسك ولا يتطاير منها المسحوق على شكل غبار أثناء الشحن . وبعد ذلك توضع فى الفرن وتغلق الأبواب جيدا ويحبش حولها بالطين الحرارى . ثم يبدأ فى تسخين الفرن على درجة حرارة منخفضة ويحافظ على هذه الدرجة مدة من الزمن لضمان إختزال أوكسيد القصدير ولمنع تكون سليكاته . وبعد مضى مدة تتراوح بين

أربع أو خمس ساعات تقلب الشحنة جيدا ، ويضاف إليها كمية من مسحوق فحم الإنتراسيت ، ثم يستمر التسخين ساعة أخرى وتقلب الشحنةدفعة ثانية وتترك برهة من الزمن حتى تهدأ ، ثم تفتح سدادة ثقب الفرن فيسيل القصدير منه ومعه الخبث المنصهر المختلط به ، ويستقبل الجميع فى ملعقة مبطنة بالطين الحرارى ، فيطفو الخبث على سطح الملعقة حيث يفصل عنها ، ويتجمع على حدة لإعادة صهره واستخلاص باقى القصدير منه لأن هذا الخبث يحتوى على نحو ٢٠ ./. من القصدير زيادة عن الجير والألومينا وسليكات الحديد والتانجستن . أما المعدن المنصهر فانه يصب من الملاعق فى قوالب على شكل تماسيح (كتل) يختلف وزن الواحد منها من ٢ إلى ٤ قناطير . وتحتوى هذه التماسيح على نسب صغيرة من الحديد والزرنيخ والكبريت والنحاس الخ . وعلى ذلك يلزم تكريرها . وعملية الاختزال تمثل كما يأتى :



أوكسيد القصدير + كربون = قصدير + أول أوكسيد الكربون

ويختزل القصدير الغفل أيضا فى نوع صغير من الأفران العالية وتتكون الشحنة حينئذ من القصدير الغفل ومعه وقود فحم الخشب. ومع أن هذه الأفران يفقد فيها من القصدير أكثر مما يفقد فى طريقة الأفران العاكسة السابق شرحها إلّا أنها لا تزال تستخدم فى سكسونيا والهند الشرقية وغيرها نظرا لنقاء القصدير المستخلص منها .

تكرير القصدير — تكرر تماسيح القصدير بصهرها فى أفران عاكسة فرش مرقدها أكثر ميلا من فرش الأفران المستخدمة فى عملية الاختزال ، ويلاحظ ألّا ترتفع حرارة الفرن إلّا قليلا فوق درجة انصهار القصدير حتى

لا تنصهر المواد الأخرى المختلطة به . بل تظل كما هى فتطفو خبثا على سطح القصدير المنصهر . وعند تمام إنصهار القصدير تفتح سدادة ثقب الفرن فيسيل القصدير منه فى مجار مخصوصة تنقله إلى قدر الغليان . اما الخبث فيهبط الى فرش المرقد على هيئة كتلة معدنية إسفنجية ناشفة هشة لونها أبيض ضارب للإصفرار . وتحتوى على حديد وزرنيخ وكبريت ونحاس .

وقدر الغليان وعاء من الحديد يبلغ قطره نحو ٥ أقدام ، تعلوه رافعة يعلق بها ساق من الخشب الأخضر يمكن بواسطته تحريك المعدن المنصهر . ويوقد تحت القدر فيتصاعد منه بخار ماء وغازات تحدث فى المعدن اضطرابا شبيها بالغليان وتعرض سطحه المضطرب لفعل الهواء المؤكسد فتتأكسد العناصر المختلطة به وتطفو على وجهه وتزال منه من آونة لأخرى . ويستمر ذلك الى أن يتم تكرير المعدن ، ويستغرق من ساعة الى ثمانى ساعات وأحيانا أكثر تبعا لدرجة النقاء المطلوبة . ثم يصب المعدن بعد ذلك فى قوالب وتختبر درجة نقائه بصب كتل صغيرة منه فى قوالب . فان خرجت تلك الكتل عند تبريدها لامعة ومستديرة الأركان يكون هذا دليلا على نقاء القصدير .

أنواع القصدير — يعرض القصدير فى السوق على نوعين وهما :

(١) القصدير التجارى — ويستخلص عادة من قصدير غفل متوسط النقاء أو قليله . يختزل ثم يكرر بالطرق السابقة ويغرف وهو مضطرب من قدر الغليان بواسطة ملعقة ثم يصب فى قوالب تصنع غالبا من حجر الجرانيت .

(٢) القصدير الحبيبى — وهو أنقى من القصدير التجارى ، ويستخلص من قصدير غفل جيد النقاء . يختزل ثم يكرر بالطرق السابقة ، غير أنه يمكث فى عملية التكرير أكثر من ثمانى ساعات . ولا يغرف وهو مضطرب بل يترك فى قدر الغليان مدة من الزمن حتى يزول الإضطراب منه فترسب المواد

المختلطة به فى قاع القــدر . ثم يغرف المعدن السائل من المناطق العليا للقدر ويصب فى قوالب على شــكل كتل أما المعدن الموجود فى المنــاطق السفلى فيعاد تكريره لإزالة ما به من المواد الغريبة .

ويستخلص القصدير أحيــانا من القصدير الخردة بمعــالجة الأخير بمواد مذيبة مثل الكلور .

وقد عولج الاستخلاص بالطريقــة الكهربائية [1] فكانت درجة النجاح ضعيفة لا تبرر استخدام هذه الطريقة تجاريا .

استخدام القصــدير — أهم ما يستخدم فيــه القصدير طلاء المشغولات الحديدية من صاج ومسامير وخلافه لوقايتها من التأكسد . وسبق أن شرحنا طريقة الطلاء بالتفصيل . كذلك يستخدم فى طلاء الأوانى النحاسية لحمايتها من تكون الأملاح السامة عليها . وذلك بتنظيفها جيدا ثم تسخينها إلى مافوق درجة انصهار القصدير بقليل ، ويرش عليها النشادر ثم يدعك عليها القصدير فينصهر ويعاد دعكه بقطعة من القماش فيلتصق بسطحها ويكون طلاء متينا ، وتكفى أوقية مصرية من القصدير لطلاء نحو متر مسطح من النحاس .

ويخلط مع النحاس لصنع السبــائك البرنزية وخلافها ويخلط أيضا مع بعض المعادن الأخرى لعمل السبائك الآتية :

---

(١) تستخدم الطرائق الكهربائية فى الوقت الحاضر بنجاح عظيم فى أمريكا فى تكرير القصدير وأهمها طريقة هويتهد (Whitehead)

(١) سبائك القصدير مع الرصاص والأنتيمون والزنك . وهـــذه السبائك تستخدم غالبا فى صنع مادة اللحام وحروف الطباعة وغيرها ويتحول أغلبها إلى عجينة قبل تجمدها وهى :

التركيب				الخصائص	الأوصاف والاستخدام
قصدير	رصاص	زنك	أنتيمون		
١١		١		أبيض قابل للطرق جدا .	تعمل منه الأوراق الفضية .
٥٠		٥٠		صلب وقابل للسبك .	تعمل منه المسبوكات .
٤٥	١٠	٤٥		قابل للسبك والحفر .	تعمل منه الزخارف الصغيرة .
٣	١			صلب ومتماسك .	
٢	١			ينصهر على درجة حرارة أقل من جميع الأنواع الأخرى .	
١	١				يستخدم فى لحام السمكرية .
١	٢				يستخدم فى أعمال سباكة الرصاص كلحام المواسير الرصاصية وخلافها .
	٨٠		٢٠	يتمدد عند برودته .	يستخدم فى صنع حروف الطباعة العادية .
٢٠	٦٠	.	٢٠	ينصهر على درجة حرارة منخفضة ويضاف اليه أحيانا البزموت لخفض درجة صهره .	يستخدم فى صنع حروف الطباعة الصغيرة .

(٢) سبائك القصدير مع الرصاص والبزموت والكادميوم وتستخدم هذه السبائك فى صنع مسامير الخفير للمراجل البخارية وفى صنع مواد اللحام السريعة كما هو مبين فى الجدول الآتى :

التركيب				الأوصاف والاستخدام
قصدير	رصاص	بزموت	كادميوم	
٢٠	٣٠	٥٠		تعمل منهما مسامير الخفير للراجل
١٢٫٥	٢٥	٥٠	١٢٫٥	وتؤخذ عليهما طبعات الإسمطبات . يتمددان عند برودتهما
٥٨٫٨	٢٩٫٤	١١٫٨		تستخدم فى الختام السريع

كذلك تعمل من القصدير السبيكة المعروفة باسم "معدن بريطانيا" والتى تستخدم فى صنع الملاعق والصحائف (الصحون) وتتركب من ٧٥ — ٩٤ قصدير ومن صفر إلى ٨ رصاص ومن ١ الى ٩ زنك ومن ٥ الى ٢٥ انتيمون. كذلك يذاب القصدير فى الزئبق و يصنع منهما ملغم يستخدم فى طلاء المرايات.

الفصل السادس عشر

الرصاص

كان الرصاص معروفا لدى قدماء المصريين واستخدمه الرومان فى صنع مواسير المياه كما استخدموا بعض مركباته فى صنع دهانات مختلفة للجلد والشعر وفى صنع البويات .

وهو عنصر معدنى ذو لون سنجابى ضارب للزرقة . مقطعه فضى شديد البريق عقب قطعه مباشرة . فان عرض للهواء العادى ينطفئ بريقه حالا ، لا يتأثر بالهواء الجاف ، ويتأثر بالهواء الرطب . واذا غمر فى الماء المعرض للجو يكتسى سطحه بغشاء رقيق من أوكسيد الرصاص (ر٢ ا) الذى يتحول فيما بعد الى كربوناته . لدن جدا حتى ليمكن قطعه بسكين أو خدشه بأظافر اليد. عند إمراره على ورقة بيضاء يترك فيها أثرا سنجابيا، ينشف اذا اختلط ولو بنسبة ضئيلة جدا من الأنتيمون أو الزرنيخ أو النحاس أو الزنك . لا يتحمل الطرق ولا السحب الكثيرين ، لكنه يتحمل الضغط فيمكن تحويله الى رقائق بإمراره فى آلات الجلخ ، كما يمكن كبس برادته الى كتل متماسكة ان ضغطت بمعدل ١٣ طنا على البوصة المربعة . يقبل اللحام وهو بارد على شرط أن يكون سطحه نظيفا جدا ، ويمكن بهذه الطريقة لحامه مع القصدير بأن يطبق لوح منه على لوح من القصدير ويوضع اللوحان فى آلة الجلخ فيلتحمان ، ويكونان لوحا واحدا . يمتاز بقابليته الشديدة للإنسياب (السك) لذلك تصنع منه المواسير بضغط كتل الرصاص حول قوالب خاصة بالضغط المائى. ينصهر على درجة ٣٣٠° مئوية ويغلى على درجة ١٥٢٥°م

واذا برد ببطء يتجمد على شكل بلورات . ينكمش عنـد تجمده فلا يصلح للسبوكات .

يذوب بسرعة فى حامض الأزوتيـك المخفف . لا يتأثر الّا قليلا اذا غمر فى حامضى الكلوردريك أو الكبريتيك المخففين لأن سطحه يكتسى عندئذ بقشرة غير قابلة للذوبان من كلوريد الرصاص أو كبريتاته تقى بقية المعدن من فعـل الحامض ، واذا غمر مسحوق الرصاص فى حامض الكلوردريك أو الكبريتيك المركزين وهما فى درجة الغليان يذوب فيهما بسرعة . يذوب فى الأحماض العضوية كحامض الخلّيك وما شاكله.وعلى ذلك يلزم الأحتياط عند طلاء أوانى المطبخ بالقصدير أن يكون القصدير خاليا بالكلية من الرصاص والّا تكونت منـه مركبات رصاصية سامة . يتأثر الرصاص بالمـاء المحتوى على هواء أو نترات أو أملاح نشادر أو ثانى أوكسيـد الكربون . وأملاح الرصاص القابلة للذوبان فى المـاء جميعها سامة ، لذلك يحتاط من تكون هـذه الأملاح فى ماء الشرب بالمدن أثناء مروره بالمواسير الرصاصية لا سيما إن كان هـــذا المـاء يسرا ، لأنه يحتوى على هواء [1] مذاب فيه فيتفاعل الرصاص مع المـاء والهواء ويكون أملاحا سامة.وطريقة الاحتياط أن يرشح المـاء من وقت لآخر بإمراره خلال حجر الجير أو الطباشير (كربونات الكلسيوم) فيحمل المـاء جزءا كافيا من هـذه الكربونات عديمة الذوبان فى المـاء فترسب على الجـدران الداخلية للمواسير فتكسوها بطبقة مانعـة تقى الرصاص من التفاعلات ومن تكون الأملاح السامة.واذا استعملت المواسير الرصاصية فى نقل المياه اليسر أو المقطرة تطلى من الداخل بالقصدير لمنع تفاعل الأوكسجين المذاب فى هذه الميـاه مع الرصاص .

(١) يحتوى الهواء عادة على غاز ثانى أوكسيد الكربون ونسب ضئيلة من ثانى أوكسيد الكبريت.

وإذا سخن الرصاص فى الهواء يتحد بسهولة مع الأوكسجين مكونا جملة أكاسيد نذكر منها أول أوكسيد الرصاص (ر ا) المعروف باسم الليثارج أو المرتك الذهبى وهو أوكسيد أصفر اللون ينصهر عند تسخينه لدرجات الحرارة الحمراء . وإن رفعت حرارته للدرجات العالية (نحو ١٠٠٠° مئوية) يتحد مع السليكات مكونا سليكات الرصاص ، ولهذا السبب يستخدم بكثرة فى صنع الزجاج البلورى [١] كالماس الصناعى والعدسات والكرستال الخ ... وللسبب نفسه لايصهر فى البوادق ولا المعوجات ولا الأفران ذات البطانات الرملية لأنه يحدث فيها تآكلا سريعا باتحاده مع السليكات الداخلة فى تركيبها . وإذا سخن هذا الأوكسيد لدرجة حرارة منخفضة تحول لونه أصفر ويسمى حينئذ "ماسيكوت" ويستخدم فى النقش والدهان وإن سخن الماسيكوت بعناية يتحد مع الأوكسجين ويتحول إلى أوكسيد الرصاص الأحمر (ر٣ ا٤) المعروف فى السوق باسم "السلقون" [٢] والذى يستخدم بكثرة فى أعمال الدهان (البويات) .

وإذا سخن الرصاص مع الكبريت يتحد معه بسهولة مكونا كبريتيد الرصاص (ر كب) .

الرصاص الغفل — ويوجد فى الطبيعة على هيئة كبريتيد أو كربونات أو كبريتات أو كلوريد فوسفات . وأهم أنواعه هى :

(١) الرصاص الغفل الأزرق أو (الجالينا) — وتركيبه الكيميائى (ر كب) أى كبريتيد الرصاص وهو أهم أنواع الرصاص الغفل وأكثرها انتشارا . ثقيل

---

(١) يضاف اليه فى هذه الحالة كربونات الكلسيوم .

(٢) يتعلق لون السلقون على طريقة تحضيره فيزداد لونه احمرارا بالتسخين وبزيادة التسخين ينقلب الى اللون البنفسجى ثم الأسود .

هش ذو لون معـدنى رمادى . يحتوى فى أجود أنواعه على نحو ٨٧٪ من الرصاص . و يوجد عادة مختلطا بالكوارتز والكالسيت و بعض أنواع الحديد الغفل . كذلك كثيرا ما يوجد مختلطا بالبيريطيس والزنك الغفل والأنتيمون والذهب ويحتوى فى الغالب على الفضة بنسبة كبيرة .

(٢) الرصاص الغفل الأبيض أو (السيروزيت) — وتركيبه الكيميائى (ر ك ا$_{٣}$) أى كربونات الرصاص . يوجد فى كثير من الممالك و يكون فى الغالب مختلطا بالفضة . لونه أبيض وأحيانا أصفر ووزنه أخف قليـلا من الجالّينا .

(٣) الرصاص الغفل الأخضر أو (البيرمورفيت) — وتركيبه الكيميائى (٣ ر$_{٣}$ (فو ا$_{٤}$)$_{٢}$ ر كل$_{٢}$) أى كلوريد فوسفات . يوجد على شكل بلورات سداسية أو على شكل كتل خضراء أو بُنّية. وزنه أخف من النوعين السابقين.

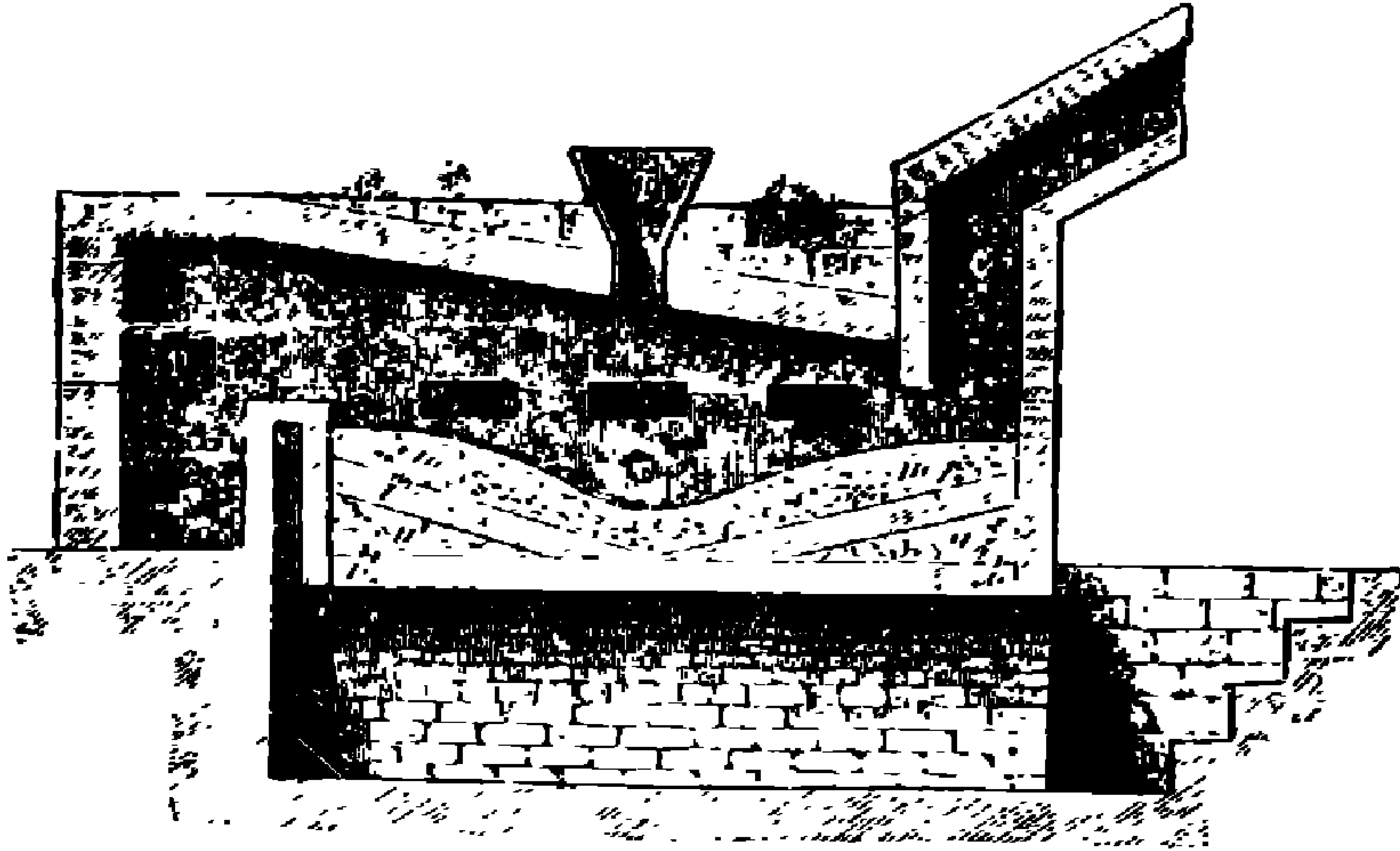
(٤) الانجليزيت أو كبريتات الرصاص — وتركيبه الكيميائى (ر كب ا$_{٤}$) و يوجد فى الغالب مختلطا بالجالّينا .

إستخلاص الرصاص من غفله — تختلف طرائق استخلاص الرصاص تبعا لنوع المعدن الغفل والمنطقة التى يوجد فيها . و بالرغم من هذا الاختلاف يتم الاسـتخلاص — كما فى النحاس — إما عن طريق التفاعل وإما عن طريق الاختزال . بيْـد أن التفاعل فى النحاس يكون بتحميص الكبريتيد وصهره بضع مرات على التعاقب لتركيزه ، فيحول بعضه أثناء التحميص إلى كبريتات وأوكسيدات ، و يظل الباقى كما هو كبريتيد . وعند الصهر يتفاعل الكبريتيد مع الكبريتات والأوكسيدات . أما فى الرصاص فيستغنى عن عمليات التحميص والصهر المتعاقبة لعدم الحـاجة إلى التركيز إذ أن المعـدن

الغفل يكون من الأصــل غنيا بالرصاص ، فتمكن معالجته دفعة واحدة تتم فيها جميع التفاعلات اللازمة .

وفى حالة الاستخلاص بالاختزال يكون العامل المختـزل الكربون أو الحديد [1] .

طرائق التفاعل — وتستخدم بكثرة فى انجلترا واسبانيا وفرنسا لإستخلاص الرصاص من الجالّينا. وتختلف بعضها عن بعض فى شكل الأفران وتفاصيلها تبعا لدرجة نقاء الجالّينا ومقدار المواد الأخرى المختلطة بها. وشكل (٦٧) يبين فرنا



(شكل ٦٧ — فرن التفاعل لاستخلاص الرصاص)

يستخدم فى إحدى هذه الطرائق وهو من النوع العاكس له ثلاثة أبواب على كل جانب من جانب المرقد . ويبطن فرش المرقد بخبث عجينى ناتج من العمليات السابقة فيوضع هـذا الخبث على استواء الأبواب الواقعة على أحد جانبى المرقد وينحدر على الجانب الآخر بحيث يعمل بجوة عمقها ١٨ بوصـة أمام الباب المتوسط للجانب المذكور . ويوجد أسفل هذا الباب ثقب (ب)

---

(١) تستعمل أيضا بدلا من الحديد مركباته أو خبثه .

يخرج منـه الرصاص المنصهر المتجمع فى الفجوة حيث يستقبل فى وعاء من الحـديد موضوع خارج الفرن . و يغذى الفرن بالرصاص الغفل بواسـطة قادوس مركب فى السقف، وتجرى عملية الاستخلاص فى الفرن على الوجه الآتى :

توضع شحنة مقدارها نحو طن واحد من الرصاص الغفل فى القادوس فتنحدر منه الى الفرن الذى يكون ساخنا إلى درجة الاحمرار من العمليات السابقة، ثم تفرد الشحنة فوق الجزء المستوى من فرش المرقد بعيدا عن الفجوة وتترك من ساعة الى ساعتين حتى تحمص . وفى خلال ذلك تقلب من وقت لآخر لتعريض أكبر كمية منها للهواء الذى يدخل للفرن عن طريق الأبواب المفتوحة جزئيا ، وفى دور التحميص يراعى أن تكون حرارة النـار المتقدة فى الفرن منخفضة حتى لا تنصهر الجالّينا (١) بل تحمص فقط ، و يتحول جزء منهـا الى كبريتات الرصاص وأوكسيده . وعند تمام التحميص تغلق الأبواب وتوقد النار بشدة فترتفع درجة حرارة الفرن الى الاحمرار التام ، و يبدأ التفاعل بين الكبريتيد والأوكسيد والكبريتات فينفصل الرصاص بكميات كبـيرة تتجمع فى قاع الفجوة . و بما أن حرارة الفرن فى هذا الوقت تكون دون درجة انصهار الجالّينا فان الجزء الذى لم يتم التفاعل فيه يتحول الى عجينة فترفع هذه العجينة من الفجوة الى الجزء المستوى من الفرش وتفرد عليه وتفتح الأبواب لتبردها حتى لا تنصهر ثم يضاف اليها قليل من الجير لتجمد و يعاد تحميصها لمدة نصف ساعة مع تقليبها خلال ذلك . فاذا ما تم التحميص تقفل الأبواب ثانيـة وتوقد النار بشدة فترتفع درجة الحرارة و يتفاعل الجير مع سليكات الرصاص التى تكون قد تكونت أثناء العملية ليحولها الى أوكسيد الرصاص . وهـذا

---

(١) درجة انصهار الجالينا أعلى من درجة انصهار الرصاص .

الأوكسيد مضافا اليه الأوكسيد المتكون بواسطة التحميص يتفاعلان مع كبريتيد الرصاص (الجالينا الباقية) و ينتج من تفاعلهما رصاص حر . ثم تعاد عملية إضافة الجير وتزداد مدة التحميص الى ساعة وتوقد النار بشدة فتتم بذلك عملية الاستخلاص . ويضاف أحيانا خلال هذا الدور الأخير قليل من الفحم ليساعد على اختزال الأوكسيد . وفى النهاية يفتح الثقب (ب) و يستقبل الرصاص السائل فى وعاء من الحديد موضوع خارج الفرن و يغطى بخبث الرصاص وأوساخه التى تحتوى على نسبة غير قليلة من الرصاص ثم يرش فوقه بعض تراب الفحم و يقلب فيه فيتولد من ذلك غاز يحترق فوق سطح المعدن الساخن يذيب الرصاص من الخبث . و بعد انقضاء نحو ساعة على الرصاص فى الوعاء تفتح سدادة لاستخراجه منه .

أما الخبث ومقداره نحو ٢٠٪ من الشحنة فانه يجمد نوعا ما بإضافة كمية من الجير اليه ، ثم يسحب من الفرن على هيئة عجينة تحتوى على نحو ٤٠٪ من الرصاص على شكل سليكات وكبريتات وكبريتيد وتصهر فى مواقد الخبث التى سيرد ذكرها بعد لاستخلاص الرصاص منه .

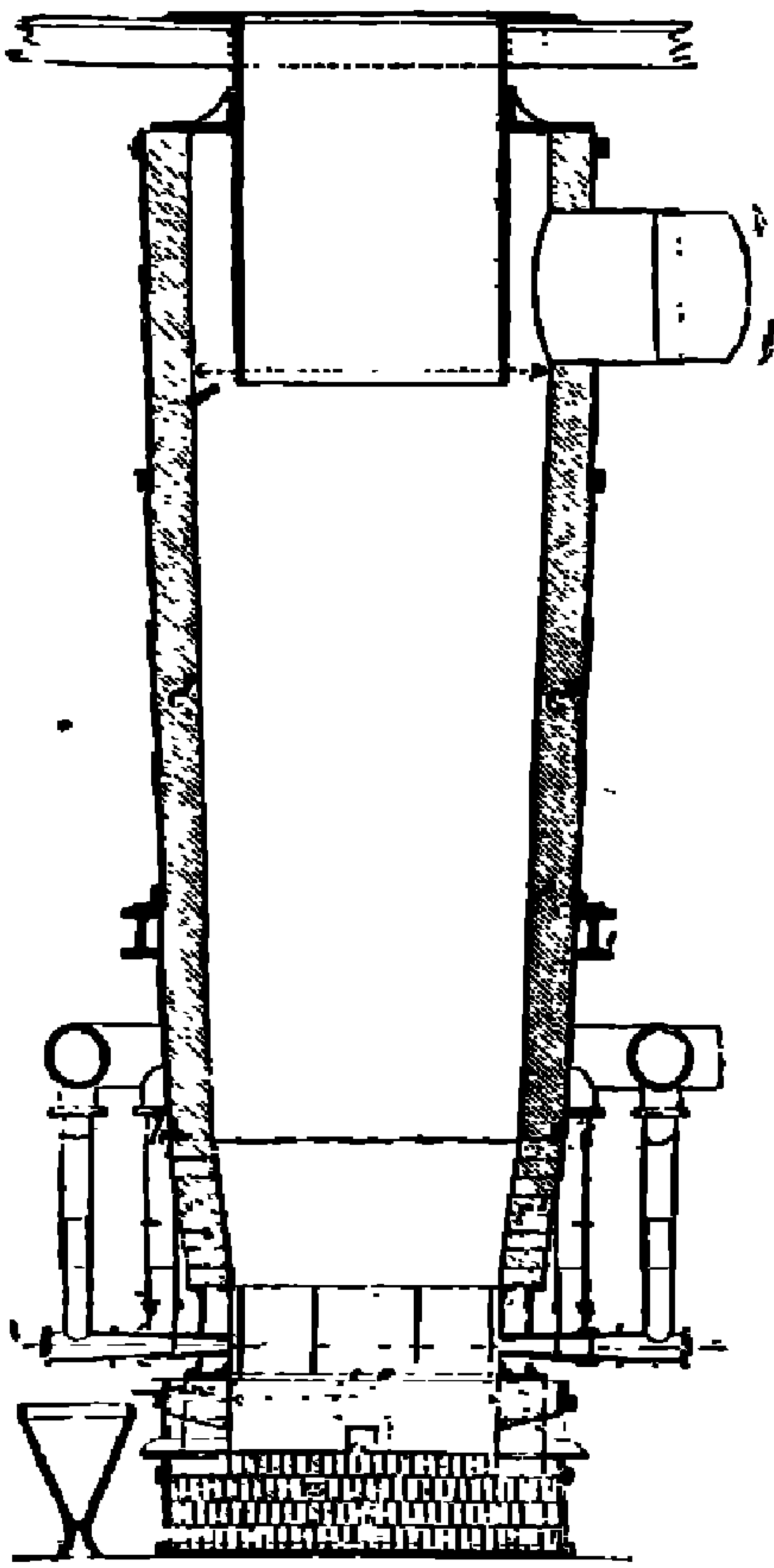
ولا تستخدم طرائق التفاعل الّا فى الرصاص الغفل الخالى تقريبا من مركبات العناصر المعدنية الأخرى لأن وجود مركبات النحاس أو الأنتيمون فيه سريعا ما يحول الشحنة عند تحميصها الى عجينة متماسكة تعيق التحميص ، و إن استخدمت هذه الطرائق فى الرصاص الغفل المحتوى على مركبات الأنتيمون فان الرصاص المستخلص فى بدء العملية فقط يكون خاليا تقريبا من الأنتيمون بعكس الرصاص المستخلص بعد ذلك .

طرائق الاختزال — تستخدم فى استخلاص الرصاص من معدنه الغفل إن كان محتو يا على بعض مركبات العناصر المعدنية . وأحيانا فى استخلاص

الرصاص من الخبث . وتُجْرى هذه الطرائق إما فى أفران عاكسة وإما فى نوع من الأفران العالية . وفى حالة الاستخلاص من المعدن الغفل يستخدم الحديد عادة كعامل مختزل . وإن كان المعدن الغفل فقيرا فى الرصاص ومحتويا على نسبة كبيرة من كبريتيد الحديد تجرى عليه مبدئيا عمليتا تحميص وصهر لاستئصال الحديد وتركيز الرصاص .

وإننا نكتفى هنا بشرح كيفية الاستخلاص بواسطة الفرن العالى لأنها فى الوقت الحاضر أهم الطرائق وأعظمها انتشارا .

والمعدن الغفل المستخدم فى هذه الطريقة ان لم يكن من الأنواع الممكن تحويلها الى أوكسيد كالكربونات أو الفوسفات يحمص [1] أولا فى أفران عاكسة ثم ترفع درجة حرارته حتى يتماسك بعضه ببعض ، وبعد ذلك يخلط بمواد حديدية كالحديد الغفل أو خبث الحديد الناتج من أفران التقليب أو رماد البيريطيس الخ . ويخلط أيضا بمساعد صهر ملائم كالجير ويؤخذ الخليط ويصهر فى فرن عال ذى قميص مائى كالمبين فى شكل (٦٨) ويوضع معه وقود من الفحم الكوك ويسلط عليه تيار الهواء الوارد من الودنات . ويتم الاختزال فى الفرن إما بتفاعل كبريتيد



(شكل ٦٨ — فرن عال ذو قميص مائى لاستخلاص الرصاص)

(١) ان كان المعدن الغفل يحتوى على كبريتات يتحول أغلبها الى كبريتيد عند التحميص .

الرصاص مع الرصاص الغفل القابل للتأكسد و إما بتأثير أول أوكسيد الكربون الموجود فى الوقود على أوكسيد الرصاص ، وإما باتحاد الكبريت الموجود فى كبريتيد الرصاص وغيره من مركبات الرصاص بالحديد الموجود فى مركبات الحديد . وقد تضاف أحيانا كميات من الرصاص الغفل المحتوى على فضة ونحاس الى شحنة هـذه الأفران فتختلط الفضة بالرصاص ويختلط النحاس بالخبث و يمكن بذلك فصل الفضة والنحاس عن كليهما . وعند تمام الاختزال ينتج من هذه الأفران ثلاث حاصلات وهى :

(١) الرصاص الناشف — و يحتوى على أغلب الفضة والذهب الموجودين من الأصل فى المعدن الغفل. كما يحتوى على انتيمون وقصدير و بزموت ونحاس وقليل من الكوبالت والنيكل والزرنيخ . وهذه المواد تكسبه نشوفة تجعله غير صالح بحالته هذه للأغراض الصناعية. لذلك يلزم تكريره و إزالة نشوفته حتى يصلح للاستعمال .

(٢) الركاز — و يحتوى على كبريتيد الحديد وكبريتيد الرصاص ثم على أغلب النحاس الموجود من الأصل فى المعدن الغفل ، كما يحتوى أحيانا على بعض الفضة والذهب وغيرهما . و بما أن هذا الركاز يحتوى فى الغالب على نحو ١٢ ./ من الرصاص فانه يعاد تحميصه وصهره فى أفران أخرى فينتج منه أيضا ثلاث حاصلات وهى :

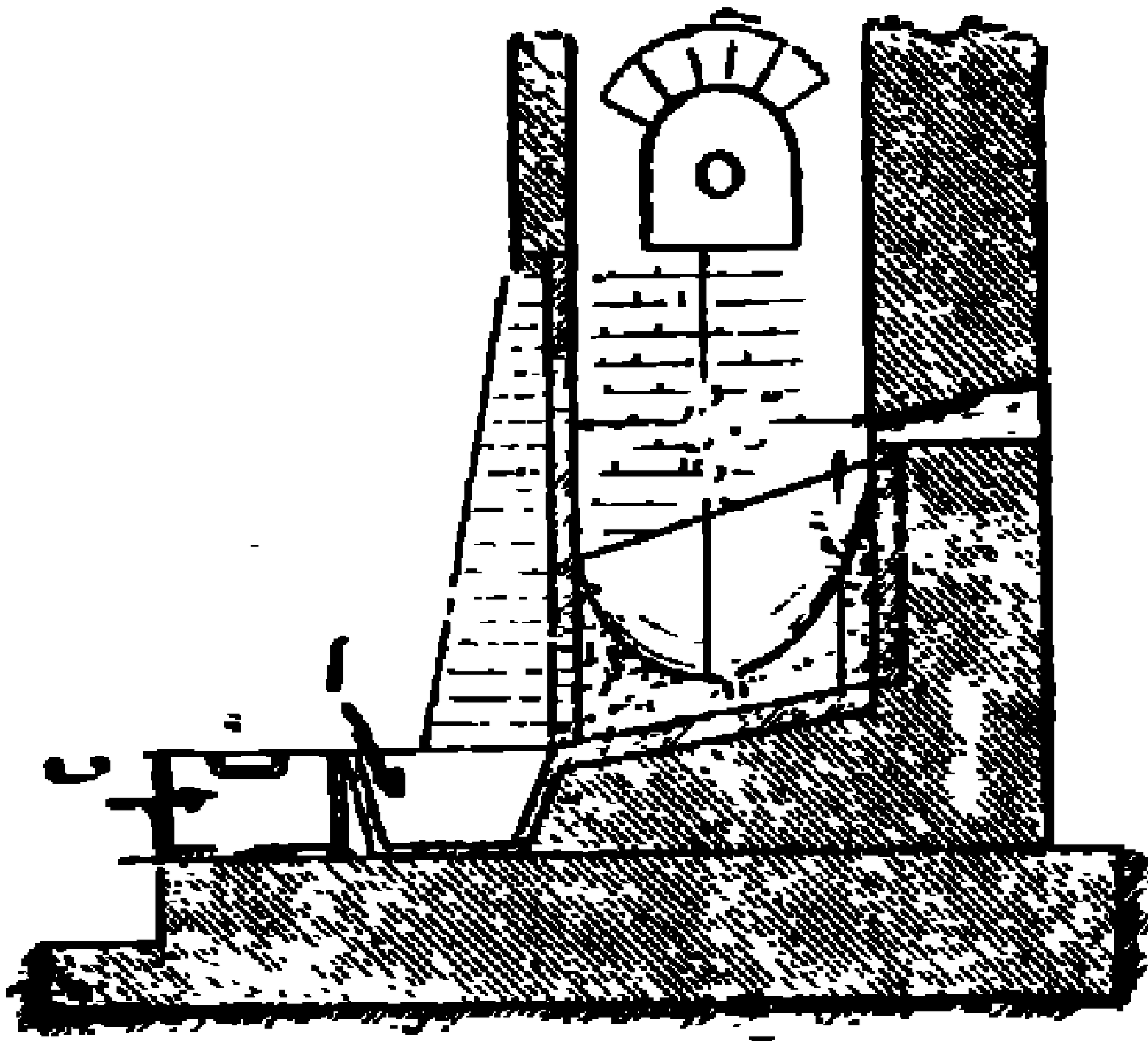
رصاص مختلط بنسبة كبيرة من الفضة ، وركاز مختلط بنسبة كبيرة من النحاس وخبث . فيؤخذ الركاز الأخير و يعاد تحميصه وصهره فينتج منه ركاز ثالث يحتوى على نحو ٢٠ ./ من النحاس فيفصل النحاس منه .

(٣) الخبث — و يتركب من سليكات الحديد ومن الجير ويحتوى أحيانا على كميات غير قليلة من الألومنيا وأوكسيد الزنك وعلى رصاص ، فان كانت نسبة

الرصاص أقل من ١ ./. يستخدم هذا الخبث فى بطانات الأفران وإن زادت هذه النسبة عن ١ ./. يخلط بالمعدن الغفل لصهره واستخلاص الرصاص منه .

وهناك بضع طرائق أخرى ليست بذات أهمية ويضيق المقام عن ذكرها هنا ، لذلك رأينا إغفال شرحها .

مواقد الخبث — هى أفران صغيرة تشتغل بتيار الهواء المضغوط ، وتستخدم خصيصا لمعالجة الخبث المستخرج من الأفران العاكسة فى طرائق التفاعل والمحتوى على نحو ٤٠ ./. من الرصاص على شكل سليكات وكبريتيد وكبريتات . وشكل (٦٩) يبين موقدا من هذا النوع يملأ قاعه بالرماد[1] ثم توقد النار فوقه ويوضع فوقها فحم الكوك ويسلط عليه تيار الهواء ، فيحترق ويسخن الموقد بأجمعه وبعد ذلك توضع الشحنة على شكل طبقات متعاقبة من فحم الكوك وخبث الرصاص المختلط بخبث الحديد وتراب الفحم . وكلما انصهر الخبث هبطت الشحنة ووضعت طبقات جديدة حتى إذا ما انقضت سبع ساعات يوقف الشحن وتترك النار حتى



(شكل ٦٩ — موقد الخبث)

تخمد من تلقاء نفسها . ثم تفتح سدادة الموقد فيسيل الرصاص المنصهر منها إلى الحوض (ا) ومعه بعض الأوساخ فيرسب الرصاص فى قاع الحوض وتطفو الأوساخ على سطحه ثم تفيض إلى الحوض (ب) والسبب فى خلط

(١) يوضع الرماد لترشيح الرصاص المنصهر وحجزه عما به من الأوساخ قبل خروجه من الموقد وأيضا لوقايته من التأكسد .

خبث الرصاص بمواد أخرى كتراب الفحم وخبث الحديد وغيرها هو أن خبث الرصاص يحتوى من الأصل على كمية كبيرة من الجير. والمواد الأخرى تحتوى على أوكسيد الحديد وسليكا وألومينا فتتحد هـذه المواد مع الجير من حرارة الموقد المرتفعة وتكوّن أوكسيد الرصاص الذى يختزله الكربون الموجود فى فحم الكوك ويحوّله إلى رصاص . والرصاص الناتج من هذا الموقد يكون عادة غير نقى و يطلق عليه اسم "الرصاص الخبثى" .

تكرير الرصاص و إزالة نشوفته — سبق أن ذكرنا أن الرصاص الناشف المستخلص بواسطة الأفران العاليـة يحتوى على كميات من الفضة والذهب والأنتيمون والنحاس وغيرها من المواد الغريبة تكسبه نشوفة وتجعله غير صالح للأغراض الصناعية ، و بمـا أن هذا الوصف ينطبق على أغلب الرصاص المستخرج بالطرائق الأخرى ، لذلك وجب فصل هذه المواد منه حتى تزول نشوفته . وتفصل هـذه المواد بالتأكسد فيوضع الرصاص فى فرن عاكس و يسخن لدرجة الاحمرار مع تعريضه للهواء أثناء التسخين فتتأكسد هـذه المواد عدا الفضة والذهب ، و يتأكسد معها قليل من الرصاص و يطفو الأوكسيد جميعه على سطح المعدن المنصهر و يختلط ببعض الأوساخ مكوّنا خبثا ، يزال أولا بأول ليتعرض سطح المعدن لفعل الهواء المؤكسد . وان تحول الخبث لعجينة يضاف اليه من وقت لآخر كمية من الجير ليجمد فتسهل إزالته . وتؤخذ عينات من الرصاص المنصهر بين فترة وأخرى وتصب فى قوالب صغيرة وتفحص فان جمـد المعدن على شكل طبقات أو قشور رقيقة يكون هـذا دليلا على زوال نشوفته ووصوله إلى درجة النقاء المطلوبة وعندها يُغرف من الأفران و يصب على هيئة كتل كبيرة (تمـاسيح) [1] ، والأوكسيد المستخرج من عملية التكرير يعالج لاستخلاص الرصاص منه .

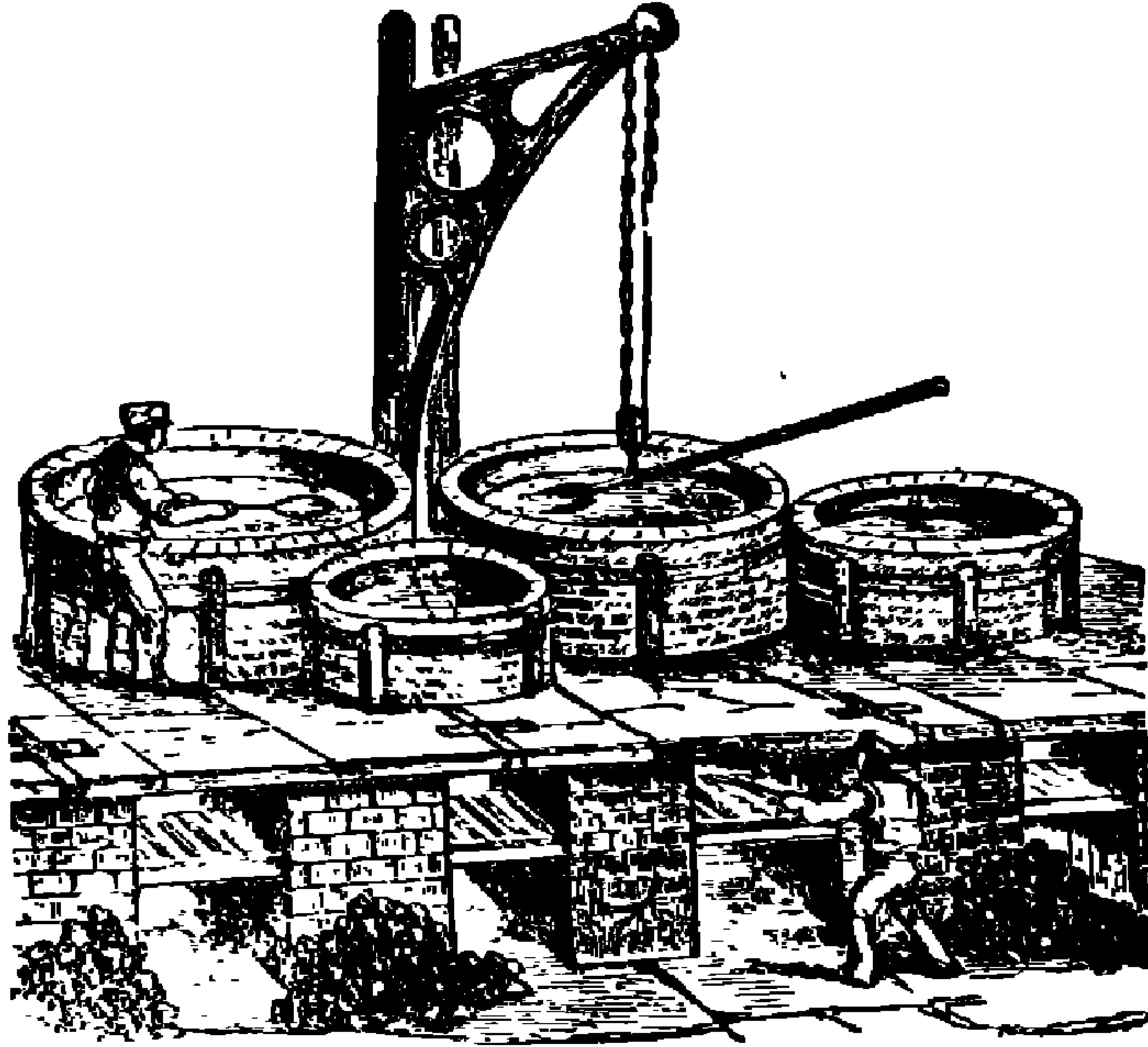
(1) تعالج التمـاسيح لاستخلاص الذهب والفضة منها كما ستوضح ذلك بعد .

وإن كان الرصاص الناشف يحتوى من الأصل على كمية كبيرة من النحاس فانه يلزم قبل تكريره بالطريقة السابقة الذكر صهره لفصل النحاس منه، وذلك لأن النحاس لا يتأكسد بسهولة فى عملية التكرير. وتتم عملية الصهر فى فرن من النوع العاكس له مرقد مرتفع من ناحية المدخنة ومنحدر لناحية بيت النار ودرجة حرارة الفرن بجوار المدخنة تكون أعلى من درجة انصهار الرصاص وأقل من درجة انصهار النحاس فيوضع المعدن أولا فى الناحية المذكورة فينصهر منه الرصاص ، ويستخرج من الفرن ، وما يتبقى بعد ذلك يجرف لناحية النار فينصهر منه باقى الرصاص ويستخرج من الفرن أيضا ، وتتخلف بعد ذلك مادة تتركب من النحاس والنيكل والكوبالت .

استخلاص الفضة من الرصاص — توجد الفضة غالبا مختلطة بالرصاص الغفل وتنتقل منه إلى الرصاص عند استخلاصه فتؤثر على خصائصه الطبيعية وتجعله ناشفا، لذلك وجب فصلها عنه حتى لو احتوى الطن ثلاث أوقيات من الفضة وذلك لتطرية الرصاص من ناحية وللحصول على الفضة من ناحية أخرى وتفصل الفضة بطريقتين :

(الأولى) طريقة باتنسن (Pattinson) — وهى مؤسسة على أن درجة انصهار الخليط المركب من رصاص وفضة أقل من درجة انصهار الرصاص إذا كانت نسبة الفضة فى الخليط أقل من ١٫٨ ./° ، على أن الرصاص وهو جامد أكبر كثافة منه وهو منصهر، وعلى ذلك يصهر الرصاص المحتوى على فضة فى براميل حديدية موضوع بعضها بجانب بعض كما فى شكل (٧٠) ثم تزال النار ويترك المعدن ليبرد ببطء مع تقليبه باستمرار بواسطة ساق من الحديد وتسليط رشاش من الماء على سطحه من وقت لآخر حتى يجمد بعض الرصاص فيهبط الى قاع البرميل ويرفع منه بواسطة ملاعق طويلة مثقوبة وما يتبقى فى البرميل بعد

ذلك يكون رصاصا غنيا بمعدن الفضة. و بتكرار تلك العماية عليه فى البراميل يأتى وقت تتركز فيه الفضة فى الرصاص بأقصى نسبة وعندئذ يفصل الرصاص



(شكل ٧٠ — طريقة تنقية الرصاص لاستخلاص الفضة)

بالطرق التى سيرد شرحها عند الكلام على الفضة، ولما كانت طريقة باتنسن طويلة ومسرفة وداعية لتأكسد كمية كبيرة من الرصاص لذلك قل استعمالها وحلت محلها الطريقة الثانية .

(الثانية) طريقة باركس (Parkes) — وهى مؤسسة على فصل الفضة من الرصاص بواسطة الزنك وذلك بخلط الرصاص المنصهر بكمية من الزنك. و بما أن الزنك أشد قابلية للامتزاج بالفضة من الرصاص فانه يمتزج بالفضة و يطفو كقشرة على وجه السائل فيرفع الوعاء عن النار و يترك ليبرد وتزال القشرة المتكونة من فضة وزنك وقليل من الرصاص من وقت لآخر إلى أن يبدأ السائل فى التجمد فتعاد العملية مرة أو اثنتين تبعا لكمية الفضة الموجودة فى الرصاص ، ثم تعالج القشرة لاستخلاص الفضة منها بالطرائق التى سيرد ذكرها عن الفضة ، أما الرصاص فيعاد صهره فى فرن عاكس لفصل الزنك منه .

أبخرة الرصاص — الغازات الخارجة من أفران الرصاص تحمل معها كميات كبيرة من غبار الرصاص وأبخرته فضلا عن مركبات العناصر الأخرى الموجودة فى الرصاص الغفل . ولما كان معظم هذه المركبات ساما وضارا بالصحة فانها تكثف حتى لا تتسرب من المداخن وتهبط فى المناطق المجاورة لمصانع استخلاص الرصاص . ولهذا السبب اضطرت بعض تلك المصانع إلى مد سراديب يبلغ طولها من ٥ إلى ٨ كيلو مترات وقطرها من ٢,٥ إلى ٣ أمتار بين الأفران والمداخن فتمر الغازات بهذه السراديب وأثناء مرورها تتكاثف منها الأبخرة السامة على صورة تراب قبل أن تصل إلى المداخن . وقد استنبطت طرائق عدة لاستخلاص عناصر تلك الأتربة منها .

استخدام الرصاص — يستخدم الرصاص فى كثير من الأعمال الزخرفية لسهولة تشكيله وثنيه وقطعه ولحامه ، ويستخدم أيضا فى صنع مواسير المياه للأسباب نفسها وما له من خاصية المقاومة لفعل المياه وبعض الأحماض . وتعمل منه بعض الأحواض وتبطن به غرف استخراج حامض الكبريتيك وتغلف به بعض الأسلاك الكهربائية وتغطى به بعض الأسقف وتعمل منه ألواح البطاريات الكهربائية وبعض المصهرات الكهربائية ويصنع منه رصاص البنادق والرش ويدخل فى تركيب كثير من السبائك المعدنية السابق ذكرها فى الفصول الماضية .

الفصل السابع عشر

الفضـــة

الفضة معدن معروف من قديم الزمان . وقد لعبت دورا هاما فى العصور الغابرة بالنسبة لسهولة استخلاصها من مركباتها . ويحتمل أن تكون اتخذت قاعدة للتعامل كالذهب فى تلك العصور .

وهى عنصر معدنى ، لونها أبيض براق ، ترى أحيانا صفراء ان انعكس الضوء على سطحها جملة مرات قبل أن يصل الى عين الرائى . رقائقها ذات لون أبيض ضارب للزرقة ، ومسحوقها المرسب من إضافة الزنك إلى محلول أزوتات الفضة ذو لون رمادى ترابى . شديدة القابلية للطرق والسحب والصقل ، وقد أمكن عمل رقائق منها سمك ٠,٠٠٠٠١ من البوصة . أطرى من النحاس وأصلب (أنشف) من الذهب . يخلط بها الأول ليزيد من صلابتها وتخلط بالثانى لتزيد من صلابته ، تفوق كل المعادن الأخرى فى جودة توصيلها للحرارة والكهرباء . تنصهر على درجة ٩٥٠° مئوية . عند برودتها وتجمدها تنكمش ، واذا زاد التسخين عن درجة الانصهار تبـدأ فى التباخر الذى يشتد ما بين ١٢٠٠° ، ١٥٠٠° مئوية .

وللفضة خصائص فذة ، فلا تتأثر بالهواء ولا بالمـاء ، ولا تصدأ إذا سخنت فى الهواء أو فى جو من الأوكسجين لكنها إن صهرت وهى نقية تمتص خلال انصهارها كمية كبيرة جدا من الأوكسجين تنبذها بشـدة عندما تبرد وتجمـد فيحدث الأوكسجين عند خروجه منها نتوءات غريبة الشكل فى سطحها ، ويطلق على هذه الظاهرة اسم (بصق الفضة) وتستخدم دليلا للحكم على نقاء الفضة من عدمه إذ أنها لا تحدث فى الفضة غير النقية .

وتحد الفضة بسهولة مع الكبريت مكونة كبريتيد الفضـة (ف$_2$ كب) وهو مركب قاتم اللون . يتحلل عند تسخينه فى الهواء فيتحول إلى ثانى أوكسيد الكبريت وفضة . كما أنه يتحول إلى كلوريد الفضة بتأثير كلوريدات النحاس والصوديوم والحديد عليه . وبمـا أن الهواء الجوى يحتوى غالبا على كبريتيد الايدروجين (الايدروجين المكبرت) فان هذا الكبريتيد يتفاعل مع الفضة عند تعريضها للهواء مكونا كبريتيد الفضة الذى يظهر على سطحها كغشاء رقيق قاتم اللون . ويحصل مثـل ذلك تمـاما للأوانى الفضية إذا وضعت فيها مواد أو أطعمة كبريتية .

وللفضة أوكسيد يحصل عليـه بطرق أخرى غير التعريض للجـو . ومن خصائص هـذا الأوكسيد أنه يفقد أوكسيجينه عند التسخين ، ويترك المعدن حرا .

تذوب الفضة بسهولة فى حامض الأزوتيك [1] باردا كان أم ساخنا ، مخففا أم مركزا ، وتكون معه أزوتات الفضة (نترات الفضة) وتتفاعل مع حامض الكبريتيك المركز الساخن مكونة كبريتات الفضة ، لا تتأثر من حامض الكبريتيك المخفف ، وتتأثر ببطء شديد من حامض الكلورودريك المخفف فى درجات الحـرارة العادية . لكنها تتفاعل معه مكونة كلوريد الفضة فى درجات الحرارة العاليـة . وكلوريد الفضة يذوب فى محلول ملح الطعام (كلوريد الصـوديوم) . ولا يذوب فى الأحمـاض عدا حامض الكلوردريك فيذوب فيه قليلا .

---

(١) يستفاد من هـذه الخاصية فى فصـل الذهب عن الفضة من سبائكهما فتوضع السبيكة فى حامض الأزوتيك فتذوب الفضة ويرسب الذهب نقيا على هيئة مسحوق أسود .

ترسب الفضة من محاليل أملاحها إذا أضيف لهـذه الأملاح الزنك أو النحاس أو الحديد أو بعض المعادن الأخرى .

الفضة البكر — توجد الفضـة كمعدن بكر فى أغلب أنحاء العالم إنما بكميات قليلة وتكون على صورة بلورات مختلفة الأشكال أو كتل أو طبقات أو حبوب موزعة فى جسم الصخور . وقل أن توجد الفضـة البكر بمفردها بل تكون دائمـا مصحوبة ببعض أنواع الفضة الغفلة و بمعادن أخرى و بأخلاط طفلية وصخرية ، ويبلغ وزن كتل الفضة البكر أحيانا من ٥٠ إلى ٨٠٠ رطل . وقد عثروا مرة على كتلة بلغ وزنها ٩٠٠٠ رطل .

الفضة الغفلة — وأهم أنواعها هى :

(١) الأرجنتيت — وتركيبه الكيميائى (ف$_٢$ كب) أى كبريتيد الفضة . وهو أكثر الأنواع انتشارا فى العالم . لونه رصاصى قاتم ، سهل الانصهار ، لدن يمكن قطعه بسكين ، ويحتوى على نحو ٨٦٪ من الفضة . يوجد غالبا على صورة كتل مختلطا بكبريتيد المعادن الأخرى ، لكنه يوجد أحيانا بحالة نقية غير مختلط بمركبات معدنيـة أخرى كما فى الولايات المتحدة والمكسيك وبعض أنحاء المجر وألمـانيا .

(٢) البيرارجيت — وهو مركب من الفضة والكبريت والأنتيمون . يحتوى على نحو ٦٠٪ من الفضة . يوجد بكثرة فى المكسيك وجنوب أمريكا وجنوب إفريقية، والمجر والنرويج وسكسونيا وأسبانيا وغيرها . لونه أحمر قاتم أو عقيق .

(٣) البراوستايت — وهو مركب من الفضـة والزرنيخ والكبريت . لونه أحمر فاتح ويحتوى على نحو ٦٦٪ من الفضة . ويوجد فى سكسونيا وبوهيميا وأسبانيا وغيرها .

(٤) الاستيفانيت، أو كبريتيد الفضة الهش — ويتركب من فضة وزرنيخ وأنتيمون وكبريت . يحتوى على نحو ٦٧٪ من الفضة ولونه حديدى قاتم .

(٥) كلوريد الفضة (ف كل) — يوجد بكثرة فى أمريكا الجنوبية ويحتوى على نحو ٧٥٪ من الفضة . طرى جدا ولونه رمادى ضارب للزرقة ينقلب إلى بنى عند تعريضه للهواء .

ويوجد غير ماذكر أنواع غفلة عدة منها مايدخل النحاس والزرنيخ والأنتيمون والرصاص فى تركيبها على هيئة كبريتيد ، ومنها مايكون على هيئة ملغم ، ومنها مايكون على هيئة ايوديد أو بروميد .

استخلاص الفضة — تختلف طرائق استخلاص الفضة باختلاف أنواع غفلها أو بكرها والبلاد التى توجد فيها . ونظرا لإرتفاع ثمن الفضة فلا يدع المعدنون أى نوع من أنواع الفضة الغفلة أو البكر دون إستغلاله بل يذهبون أحيانا فى سبيل الوصول لذلك إلى استخدام الوسائل الكيميائية الكثيرة التكاليف .

ويمكن حصر طرائق الاستخلاص فى ثلاث وهى :

(١) طرائق الملغمة[1] .

(٢) الطرائق الرطبة أو (المائية) .

(٣) طرائق الصهر .

طرائق الملغمة — تشمل جميع الطرائق التى تحول بواسطتها الفضة مبدئيا إلى ملغم، ثم تستخلص الفضة من الملغم بالتسخين فيتطاير الزئبق ويكثف

(١) يمتزج الزئبق بكل من الذهب والفضة والزنك وغيرها ويكون عجينة تسمى ملغما .

فى اوعية خاصة، وتتخلف الفضة حرة . وتستخدم هذه الطرائق لاستخلاص الفضــة من بكرها أو غفلها إن كان على هيئة كلوريد فان لم يكن كذلك يلزم تحويله أولا إلى كلوريد قبل ملغمته .

وتجرى الملغمة عادة أما على أرضية أو فى أوعية .

الملغمة على الأرضية — وتسمى أيضا طريقة الباتيو [1] . وهى طريقة تتجلى فيهـا السذاجة الفطرية بجميع معانيها ، ابتدعها أحد سكان المكسيك عام ١٥٥٧ ولا تزال مستعملة بكثرة إلى وقتنا هذا فى تلك البلاد وفى بعض ممالك أمريكا الوسطى . ومع أن هذه الطريقة لاتتفق وروح العصر الحاضر وينظر إليها المعــدنون العصريون نظرهم إلى الآثار القــديمة إلّا أنه لا يمكن فى الواقع أن تعدل بها طريقة أخرى من الطرائق الحديثة إذا روعيت الظروف السائدة فى الممــالك التى تستخدم فيها هذه الطريقة من فقر المعدن الغفل ورخص اليد العاملة وقلة الوقود والقوى المحركة .

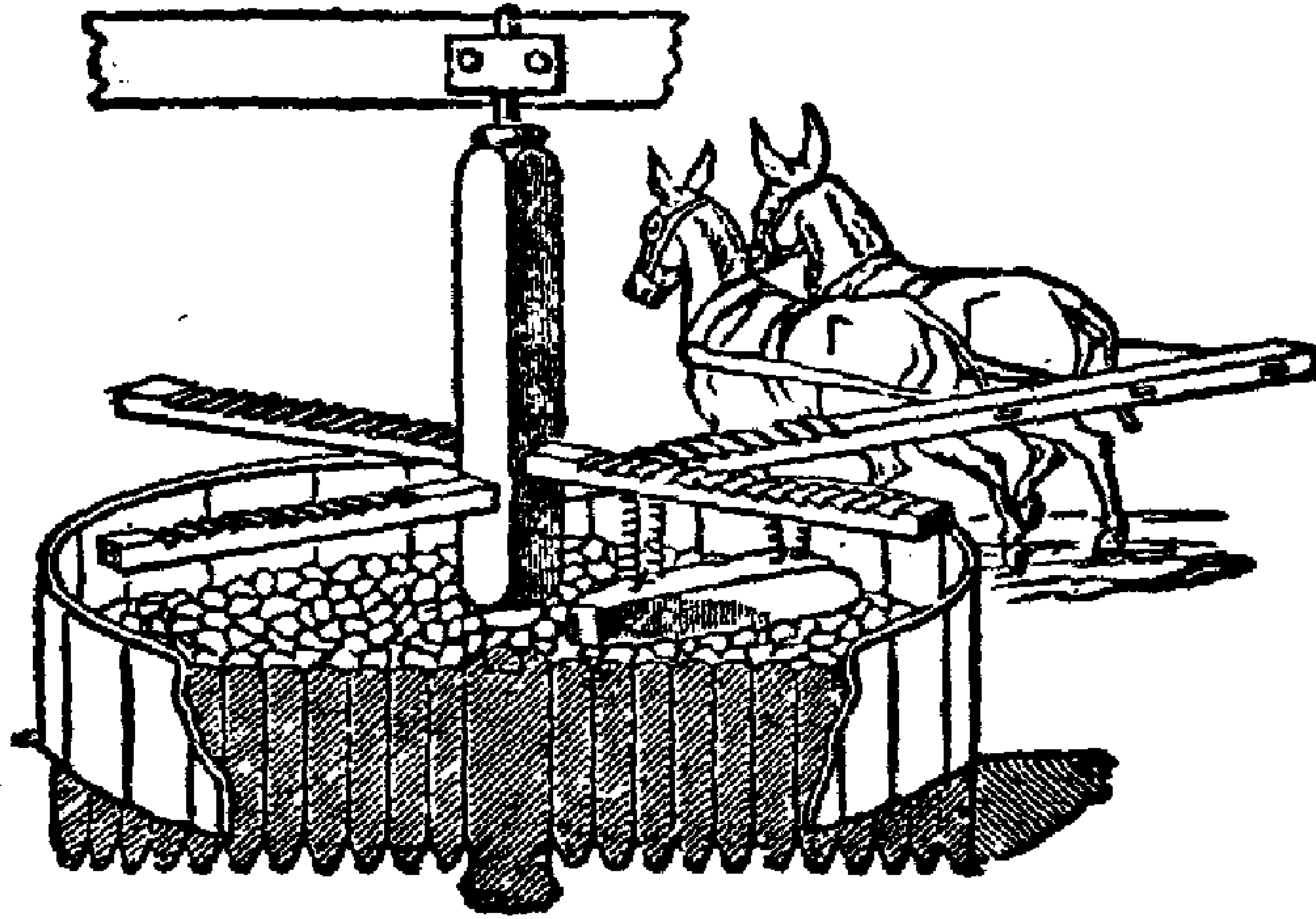
وتتلخص هــذه الطريقة فى وضع المعدن الغفل [2] بعد إخراجه من منجمه — بين يدى رجال ونساء عديدين يقومون بتكسير قطعــه الكبيرة بواسطة مطارق يدوية (جواكيش) إلى قطع صغيرة ويفصلون منها القطع التى تدلهم خبرتهم على عدم وجود المعدن فيها ثم يفرزون منها القطع الغنية بالمعدن ويضعونها على حدة لاستخلاص الفضــة منها بواسطة الصهر وما يتبقى بعد ذلك يؤخذ لمعالجته بطريقة الملغمة فيكسر أولا بالمطارق اليدوية الى قطع لا يزيد حجم الواحدة منها عن قبضة اليد ثم يوضع فى طاحونة تدار بالبغال أو بهدارات مائية فيتحول الى مسحوق خشن لايصلح للملغمة فينتقل الى نوع

---

(١) الباتيو (Patio) لفظة مكسيكية تطلق على الأرضية فى هذه الطريقة .

(٢) المعــدن الغفل فى أمريكا الوسطى والمكسيك يتركب فى الغالب من خليط من كلوريد الفضة وكبريتيدها وفضة بكر .

آخر من الطواحين (أراسترا) إحداها مبينة فى شكل (٧١) ويطحن فيها جيدا مع إضافة المـاء اليه من وقت لآخر فيتحول الى طينة معدنية رقيقة جدا تشبه



(شكل ٧١ — طاحونة أراسترا)

الطمى فى قوامها توضع بعد ذلك فى أحواض مكشوفة معرضة لحرارة الشمس فيتباخر بعض المـاء ثم تنقل الى الأرضية (الباتيو) المبينة فى شـكل (٧٢)



(شكل ٧٢ — الأرضية "الباتيو")

وهى أرضية مبلطة بالحجر ذات ميل خفيف يسمح بانسياب ميـاه التصافى منها وتقوم فيها جملة دوائر محاطة بجدران قصيرة من الحجر أو الخشب يختلف قطر الواحدة منها من ٤٠ إلى ٥٠ قدما . وعند وضع الطمى المعدنى

فى الدوائر يراعى أن يكون ارتفاعه ما بين ٦ و ١٢ بوصة ويترك ليتباخر بعض الماء منه حتى يتحول الى طينة رقيقة وعندها يضاف الى الطينة من ٣ إلى ٥ فى المائة من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) ثم تداس بأرجل البغال مع تقليبها خلال ذلك للتأكد من خلطها جيدا وتترك لليوم التالى حيث يضاف اليها (الماجسترال) وهو خليط من كبريتات النحاس وكبريتات الحديد وكلوريدهما ، ويحصل عليه بتكليس بيرطيس النحاس والحديد مع قليل من الملح . ويرش على الطينة فى الوقت نفسه قليل من الزئبق ثم تداس جيدا مع التقليب من وقت لآخر عدة أيام . وفى خلال ذلك يفحص الملغم مرارا بأخذ عينة منه وغسلها فى وعاء . ففى الأيام الأولى تكون كريات الملغم ذات لون رمادى ويمكن فصل الزئبق منها بسهولة بأصابع اليد .

وفى الأيام التالية تزداد صلابة واقتاما فى اللون فان حصل ذلك ببطء تضاف الى الملغم كمية أخرى من الماجسترال . وإن حصل بسرعة كان هذا دليلا على أن الماجسترال أكثر مما يلزم فيضاف الى الملغم قليل من الجير وإن كانت الصلابة أكثر مما يلزم تضاف اليه كمية أخرى من الزئبق .

وتستغرق هذه العمليات المختلفة التى تجرى فوق الأرض نحو ١٥ يوما فى فصل الصيف ، وقد تزداد إلى ٤٥ يوما فى الشتاء . وفى النهاية يضاف الى الملغم كمية كبيرة من الزئبق يتراوح مقدارها بين ٥ ، ٦ أضعاف وزن الفضة الموجودة فيه لتجمع كريات الملغم معا .

ثم تأتى بعد ذلك عملية الغسيل لإزالة الأخلاط الأرضية من الملغم فيوضع فى أحواض من البناء دائرية الشكل تسمى أحواض الغسيل يقوم فى وسط كل منها عمود مركب عليه قلّابات ، ويسلط على الحوض تيار من الماء، وتدار القلّابات بشدة فتطفو الأخلاط لخفتها على السطح حيث

يحملها التيار بعيـدا و يرسب الملغم فى القاع لثقله . والغسيل بهـذه الطريقة مسرف حيث تحمل الأخلاط معها جزءا قليلا من الزئبق والفضة .

فاذا ما انتهى الغسيل يؤخذ الملغم و يوضع فى أكياس و يضـغط لطرد الزئبق الزائد منه، ثم يكبس على شكل أقراص و يسخن فى معوجات فيتباخر الزئبق و يستقبل فى أحواض حيث يكثف وتبقى الفضة حرة . وسنشرح عملية التكثيف بالتفصيل فى الطريقة التالية .

و يمكن تلخيص المعالجة الكيميائية فى طريقة الأرضية بتفاعل كبريتات النحاس مع كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) فيكونان كبريتات الصوديوم و بيكلوريد النحاس فيتفاعل الأخير مع كبريتيد الفضة والفضة البكر الموجودين فى المعدن الغفل ، ويحولها إلى كلوريد الفضـة الذى يذوب فى محلول ملح الطعام فيساعد ذلك على تفاعله مع الزئبق الذى يضاف اليـه ومع الزرنيخ والانتيمون والنحاس والقصدير والرصاص التى قد تكون موجودة من الأصل فى المعدن الغفل ، فينتج من ذلك ملغم فضـة وكلوريد الزئبق والزرنيخ والانتيمون الخ .

و يرى من هـذا أن ملح الطعام يؤدى وظيفة مزدوجة فى هـذه العملية فيحول كبريتات النحاس إلى بيكلوريد النحاس ويذيب كلوريد الفضـة فيساعد على تحويله الى ملغم .

الملغمة فى الأوعية — تسـتخدم بكثرة فى الولايات المتحدة وفى بعض الممالك الأوروبية لاستخلاص الفضة من غفلها الكبريتى . والأوعية إما أن تكون على شكل براميل و إما أباريق و إما حلل .

فالملغمة فى البراميل وتدعى طريقة (فرايبرج) تستخدم الآن فى بعض الممـالك الأوروبية . وتتلخص فى تكليس المعدن الغفل بتسخينه مع ملح

الطعام لتحويله الى كلوريد، ثم يوضع فى برميل محمول فى منتصفه كخضاضة اللبن ، تضاف اليه كمية من المـاء لتحويله الى عجينة وتضاف اليه بعد ذلك كميات من قصاصات ألواح الحديد الخردة ويقلب البرميل بضع ساعات يتبادل فى خلالها الحديد والفضة فتتحول محتويات البرميل الى كلوريد الحديد وفضة حرة . ثم تضاف اليه كميات مناسبة من الزئبق ويقلب البرميل ثانية من ١٦ إلى ٢٠ ساعة مع إضافة قليل من المـاء اليه خلال التقليب فتملغم الفضة ويرسب الملغم فى قاع البرميل حيث يؤخذ منه لتقطيره .

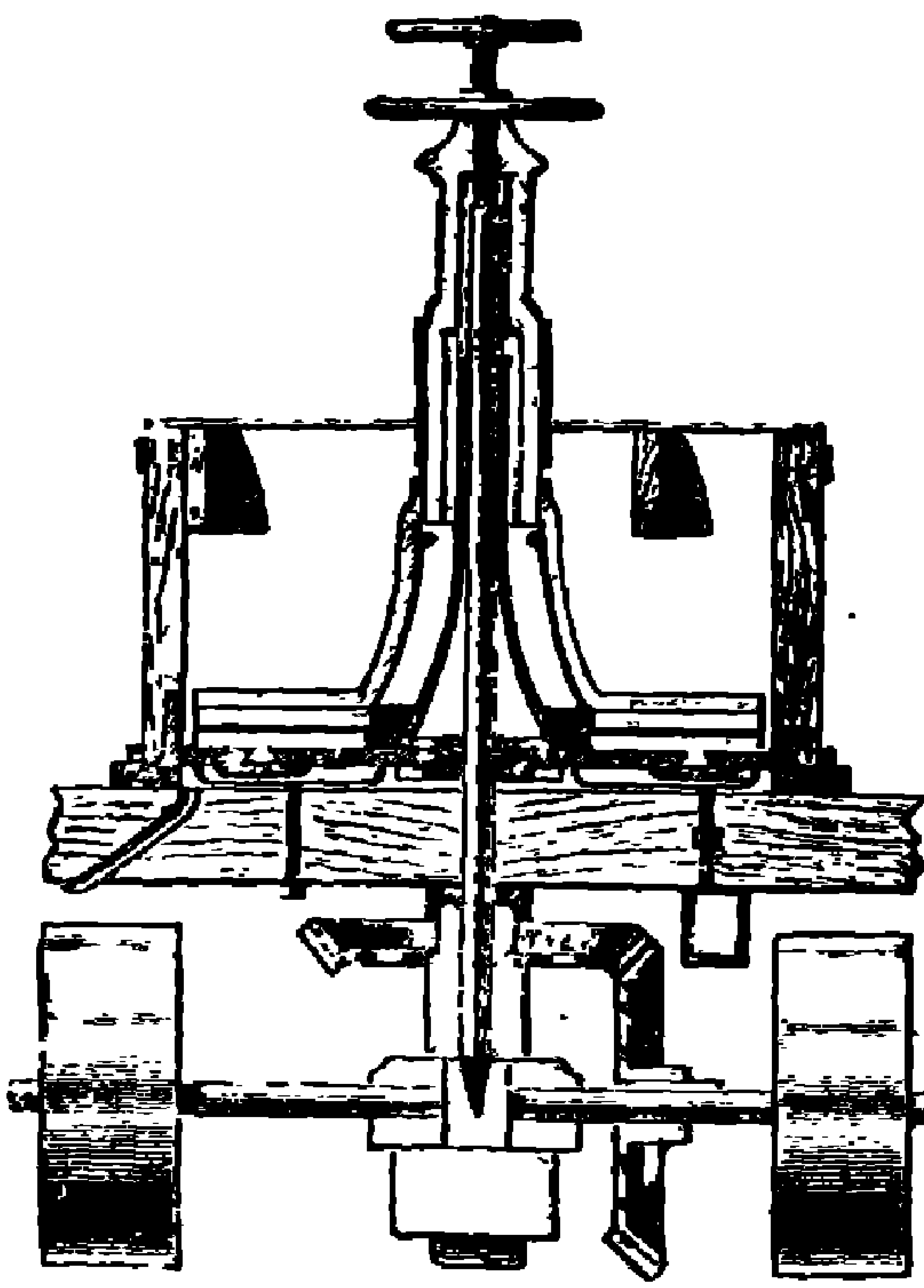
الملغمة فى الأباريق — وتدعى طريقة (كازو) تستخدم فى المعادن الغفلة التى تحتوى على كلوريد أو بروميد أو أيوديد الفضة . وفى هذه الطريقة يسحق المعدن الغفل فى طواحين خاصة ثم يوضع فى إبريق قاعه من النحاس يضاف اليه من ٥ إلى ١٠ ٪ من ملح الطعام وبعد ذلك يسخن المخلوط مع استمرار تقليبه ، وتضاف اليه كمية من الزئبق تتناسب مع الفضة الموجودة فيه ، ويستمر التسخين مدة من الزمن الى أن تملغم الفضة كلها وعندئذ تضاف اليه كمية من المـاء ثم تجمع منه الفضة الملغمة وتؤخذ للتقطير .

الملغمة فى الحلل — وهى أهم طرائق الأوعية ، تستخدم بكثرة فى مناجم (كومستوك) الشهيرة بغرب الولايات المتحدة والتى تعتبر من أكبر مناجم الفضة فى العالم . كذلك تستخدم فى غيرها من المناجم . وإنا نكتفى هنا بأن نشرح تفصيليا طريقة الحلة المستخدمة فى مناجم (كومستوك) والمعروفة بطريقة (واشو) :

طريقة واشو — المعدن الغفل المطلوب معالجته بهـذه الطريقة يكون عند استخراجه من المنجم مؤلفا من قطع ذات أحجام متباينة جدا ، منها ما هو صغير كالحصى ومنهـا ما هو كبير كالكتل يعجز عن رفعها الرجل

القوى . فتؤخذ الكتل الكبيرة إلى آلات التكسير وتكسر الى أحجام مناسبة ثم تنقل إلى أجهزة التغذية التى تغذيها أوتوماتيكيا فى جواريش [1] تشتغل على طريقة الهاون تكسرها إلى حصى مجروش ويسلط عليها تيار من الماء أثناء ذلك حتى اذا ما جرشت الى الحجم المناسب يحملها التيار من ثقوب فى الجواريش الى غرابيل[2] موجودة أمام الثقوب فتنفذ من عيون الغرابيل الى أحواض الترسيب حيث يرسب المعدن الغفل المجروش فى قاع هذه الأحواض ومعه بعض الأخلاط الرملية والصخرية ثم ينقل منها الى أحواض أخرى لتزول منه بعض تلك الأخلاط وبعدها يوضع فى حلة الملغمة .

ويختلف شكل هذه الحلة باختلاف المناطق والطرائق وشكل (٧٣) يبين واحدة منها وهى وعاء اسطوانى مصنوع من الزهر أو الحديد الخام يتراوح قطره بين ٤ و ٦ أقدام وعمقه بين ٢ و ٣ أقدام وتعمل جدرانه أحيانا من الخشب . يتوسطه عمود أجوف يمر من تجويفه فتيل (عمود رفيع) يسمو طرفه العلوى عن سطح الوعاء وينفذ طرفه السفلى من قاع الوعاء فيتصل بترس حلزونى يكتسب

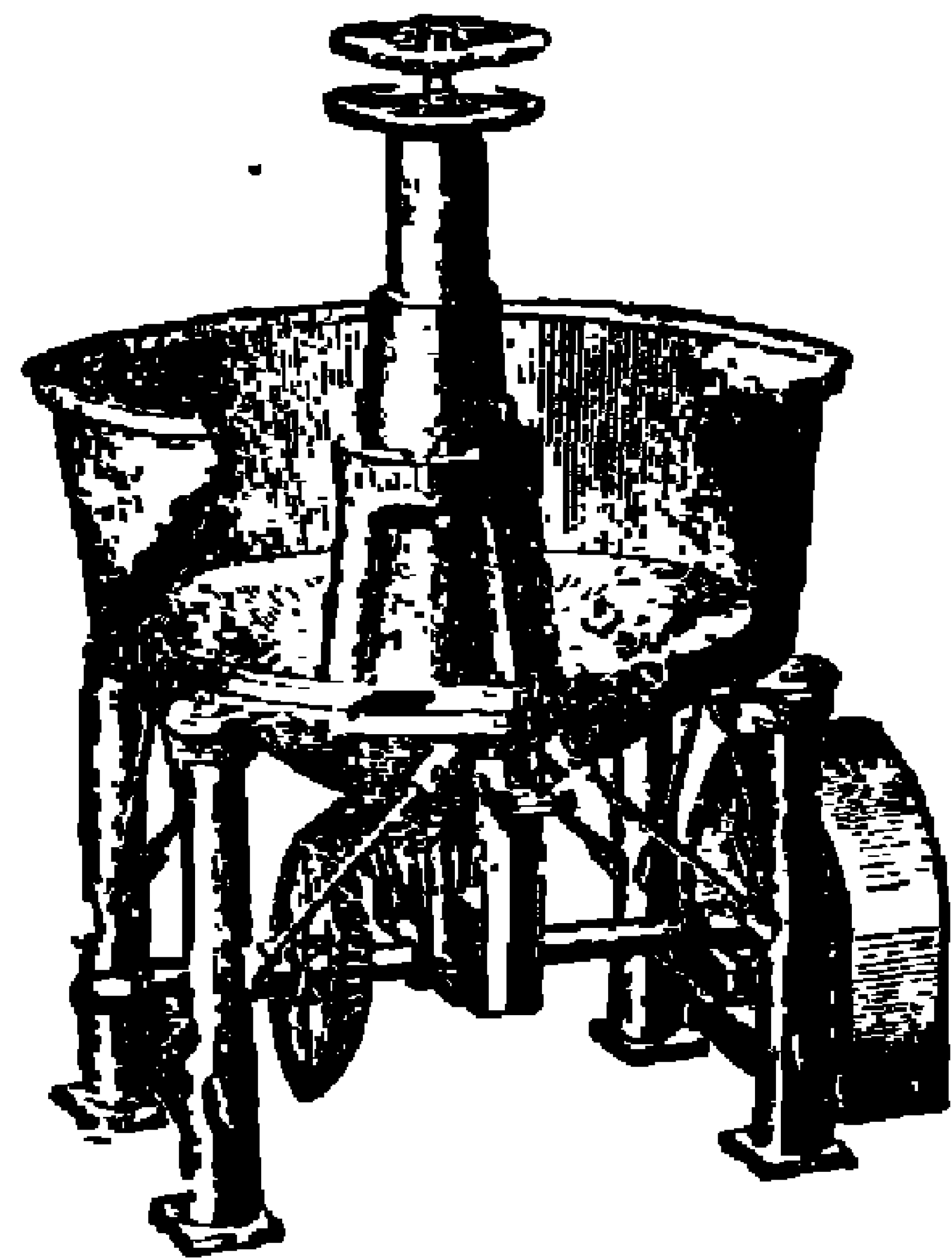

(شكل ٧٣ — حلة الملغمة)

(١) الجاروش هو الآلة التى يطحن بها الحب فتطحنه ولا تنعم طحنه و يقال للحب الخارج منها حب مجروش .

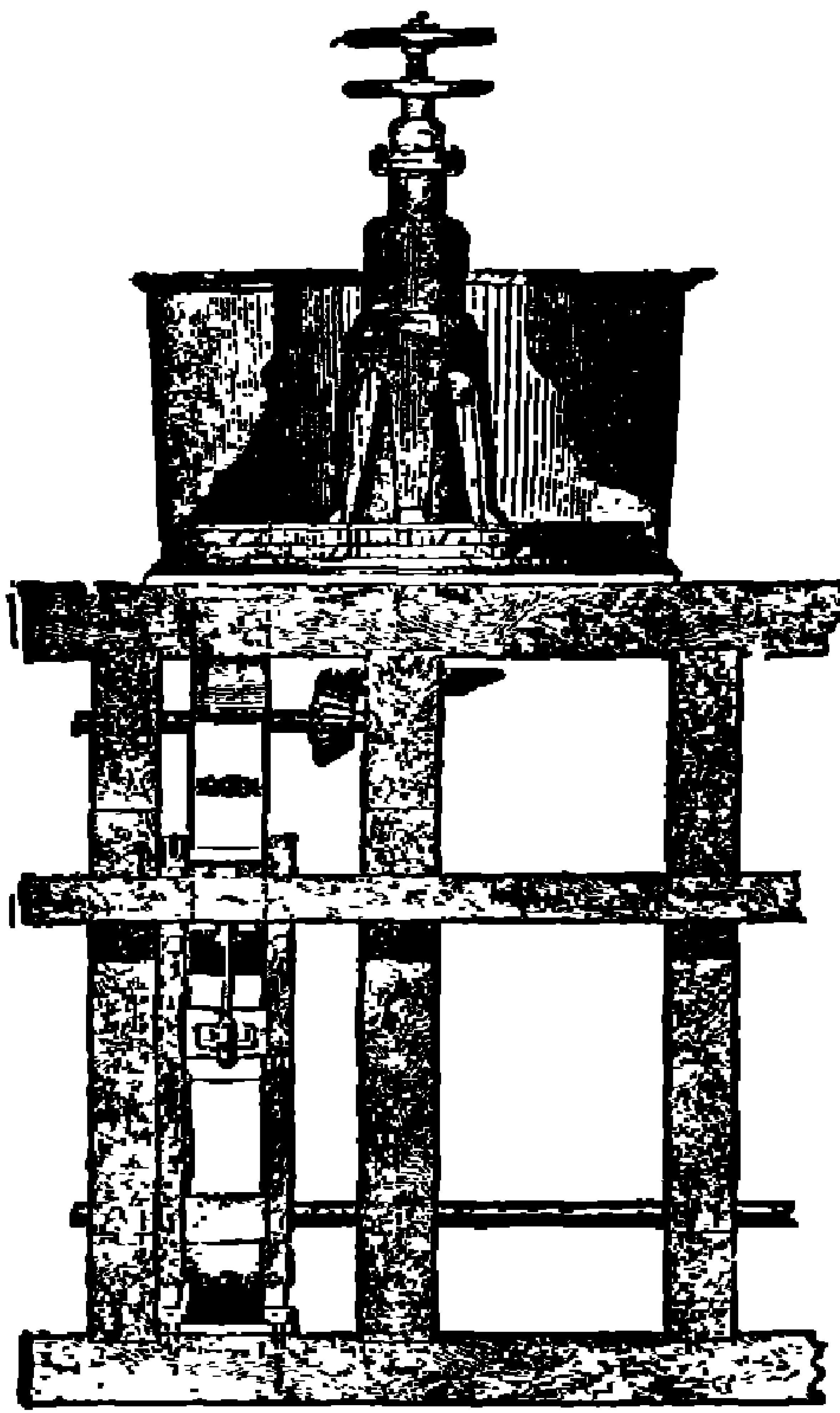
(٢) عيون هذه الغرابيل ضيقة جيدا و يبلغ قطر العين منها نحو ١/٤٠ بوصة .

منه حركة الدوران عند اشتغاله . ويثبت على قاع الوعاء من الداخل قرص من الحديد الخام قطره أقل قليلا من قطر القاع وله ثقب فى منتصفه يمر منه الفتيل وهذا القرص يقوم بوظيفة الحجر الأسفل لعملية الطحن . أما الحجر العلوى فهو أيضا قرص من الحديد الخام يطابق فى حجمه القرص الأسفل مركب على سطحه الأسفل قباقيب من الحديد الخام سمك ١ بوصة يمكن إزالتها عند تآكلها وتغييرها بأخرى جديدة ويتصل هذا القرص العلوى بالفتيل فيكتسب منه حركة الدوران ، ويمكن رفعه أو خفضه حسب الطلب بواسطة الطارة المثبتة فى النهاية العليا للفتيل . وتتلخص وظيفة الحلة فى طحن المعدن الغفل المجروش وتحويله الى عجينة رقيقة واستخلاص الفضة الحرة منه بالملغمة . وعند شحن الحلة يرفع القرص العلوى قليلا فوق القرص السفلى حتى يمكنه أن يدور بحرية تامة فى مبدإ الأمر . ثم يدار ببطء ويصب فى الحلة ماء بواسطة خرطوم . وفى الوقت نفسه يقذف فيها المعدن الغفل المجروش بواسطة جاروف ثم يخفض القرص العلوى وتزداد سرعته إلى ٦٠ أو ٧٠ لفة فى الدقيقة حتى يمكنه سحق الحصى المجروش وتحويله إلى عجينة. وفى خلال ذلك يسخن إلى ما يقرب من درجة ٩٠° مئوية بمرور تيار من البخار فى قميص معد لذلك فى قاع الحلة ظاهر فى الرسم . وتضاف إلى الشحنة كمية من كبريتات النحاس وملح الطعام للمساعدة على تحويل المعدن الغفل إلى كلوريد كما سبق بيانه فى طريقة الأرضية. وتختلف هذه الكمية من ¼ رطل إلى ٤ أرطال للشحنة الواحدة، وبعد مضى ساعتين أو أقل يضاف الى الحلة كمية كبيرة من الزئبق ويرفع القرص العلوى قليلا عن السفلى حتى لا يحصل احتكاك شديد يضر بالزئبق

ثم يستمر الدوران ساعتين أخريين تتم خلالها عملية الملغمة و يضاف الزئبق عادة إما بصبه فوق العجينة و إما برشه عليها وتختلف الشحنة الواحدة للحلة من ٦٠٠ — ٨٠٠ رطل ومن ٤٠٠٠ — ٥٠٠٠ رطل تبعا لسعة الحلة . وتختلف كمية الزئبق التى تضاف للشحنة تبعا لذلك ، والمعتاد أن يضاف من ٦٠ إلى ٧٠ رطلا من الزئبق للشحنة التى مقدارها من ١٢٠٠ إلى ١٥٠٠ رطل وقاع الحلة إما أن يكون مستويا و إما مخروطيا أو شبه مخروطى ويختلف شكل القرص العلوى والقرص الأسفل تبعا لذلك والأشكال (٧٤) و (٧٥) و (٧٦) تبين أنواعا ثلاثة مختلفة من هذه الحلل .



شكل (٧٤ — حلة بيترصن)

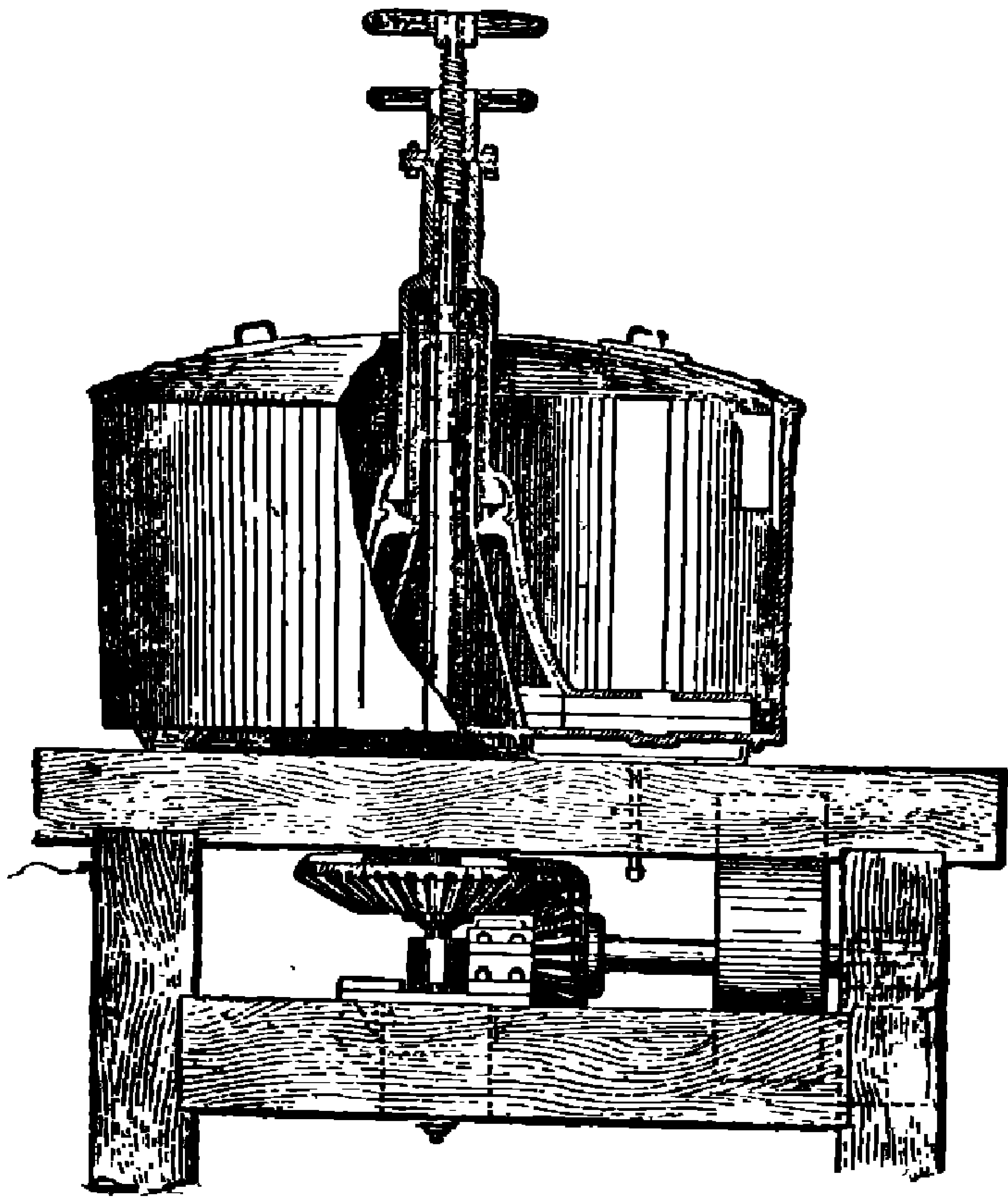


شكل (٧٥ — حلة ماك كون)

ويستعاض فى بعض الحلل عن قميص البخار بادخال البخار إلى الحلة بواسطة ماسورة وتسليطه مباشرة على العجينة وهذا يؤدى الى سرعة التسخين ،

لكن يستدعى الحذر من زيادة البخار خوفا من تخفيفه لقوام العجينة أكثر من اللازم .

وعند انتهاء الملغمة تخفف العجينة بالماء وترفع سدادة الحلة فتسيل العجينة المخففة منها بسهولة وتستقبل فى أوعية أخرى تسمى حال الترسيب ،

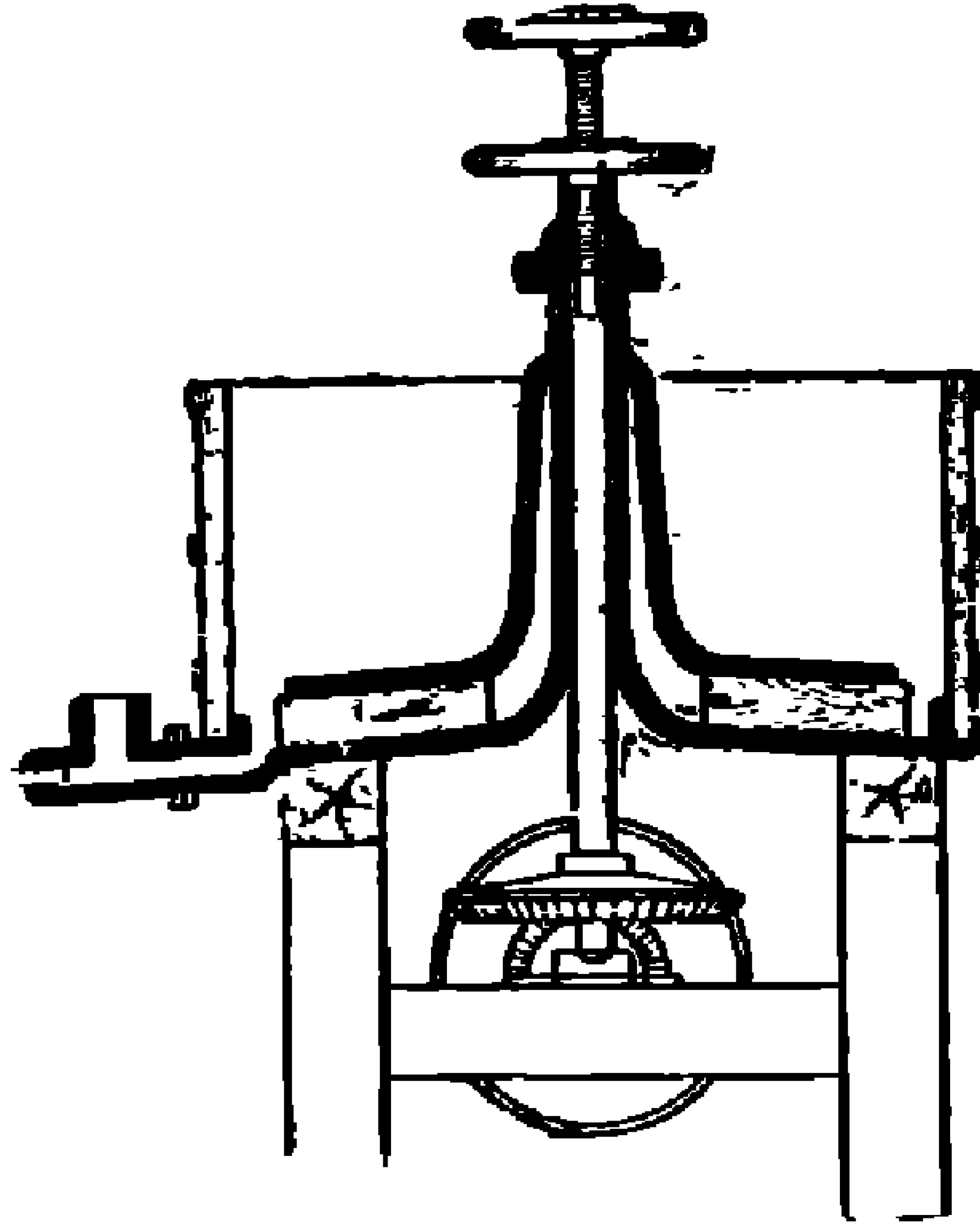


(شكل ٧٦ — الحلة المشتركة)

تشبه حال الملغمة فى شكلها العمومى وتختلف عنها فى التفاصيل وتكبر عنها فى الحجم وتعمل جدرانها من الحديد أو الخشب وقيعانها من الزهر . وشكل (٧٧) يبين إحدى حال الترسيب .

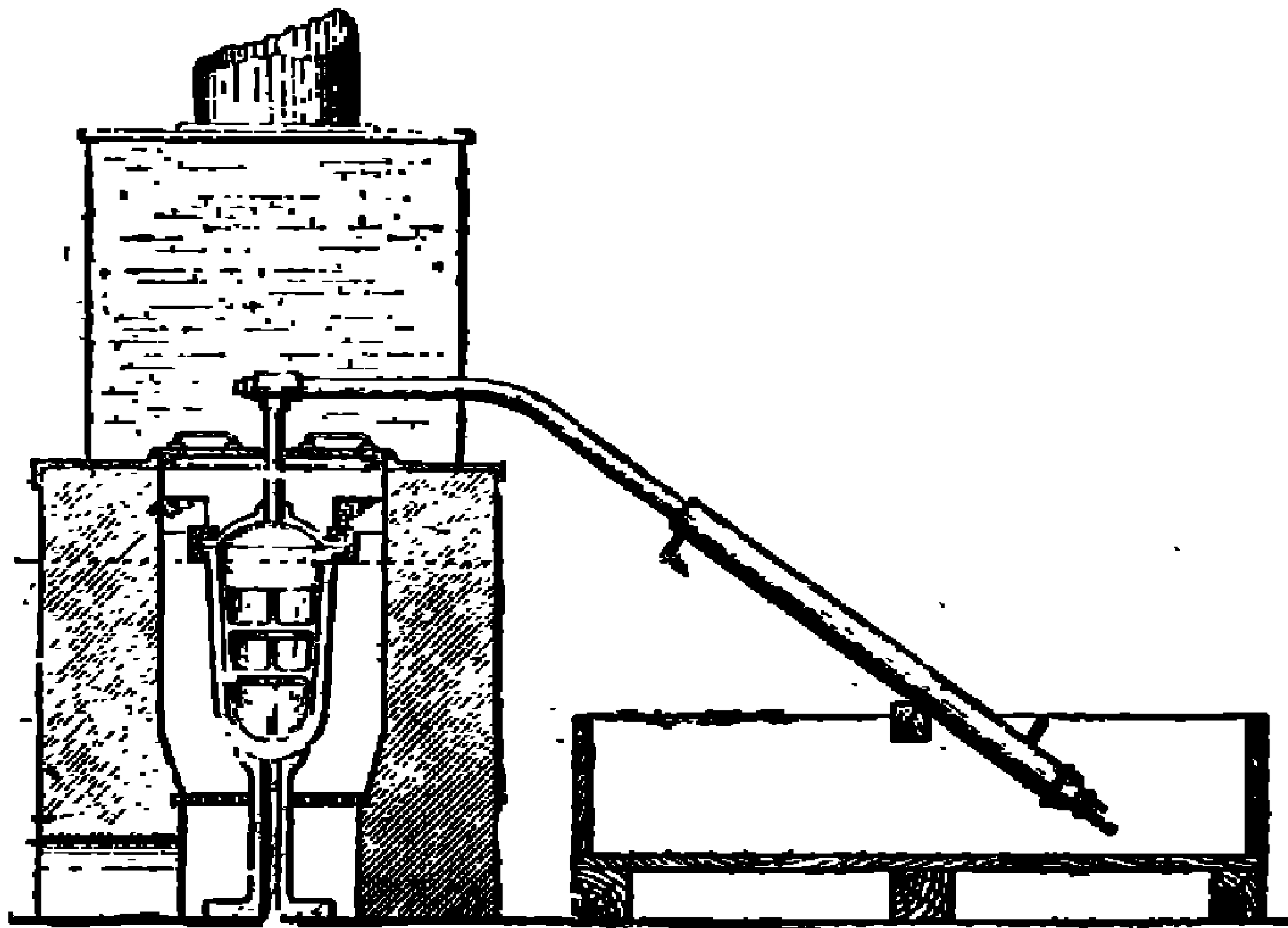
وبعد استقبال العجينة المخففة فى حال الترسيب تترك فيها مدة أربع ساعات تحرك فى خلالها حركة خفيفة بواسطة قلاب يدور ببطء بمعدل عشرة

لفات فى الدقيقة فيرسب الملغم فى القاع لثقله وتطفو الأخلاط الخفيفة على سطح المـاء .



(شكل ٧٧ — حلة الترسيب)

ثم يسحب الملغم و يرشح بعدها بوضعه فى أكياس و يضغط لطرد الزئبق الزائد منه ثم ينقل إلى المعوجات لاستخلاص الفضة منه بعملية التقطير . وشكل(٧٨) يبين إحدى هذه المعوجات ، توضع عجينة الملغم فى بودقة المعوجة المصنوعة من الحديد وتسلط عليها الحرارة فيتباخر الزئبق و يتصاعد إلى ماسورة



(شكل ٧٨ — معوجة التقطير)

تبرد بالمـاء فيتكاثف فيها ويسيل منها الى حوض معد خصيصا لذلك . أما الفضة الحرة فتبق فى البودقة على شكل عجينة اسفنجية يعاد صهرها فى بوادق أخرى وتصب على شكل قطع منشورية الشكل تعرف فى السوق باسم "سبائك الفضة" . تزن الواحدة منها ألف أوقية . وتحتوى هـذه السبائك عادة على بزموت وأنتيمون ونحاس وزنك وزرنيخ وغيرها . لذلك تجرى عليها عمليات التكرير لفصل هذه المواد عنها .

الطريقة الرطبة أو (المـائية) — نظرا لسهولة ذوبان كبريتات الفضة وكلوريد الفضة فى المـاء أو بعض السوائل المذيبة الأخرى أمكن استخلاص الفضة من غفلها الكبريتى بتحويله أولا إلى كبريتات أو كلوريد ثم إذابة الأول فى ماء دافئ ممزوج بقليل من حامض الكبريتيك أو إذابة الثانى فى محلول قوى من ملح الطعام وترسب الفضة من هذين المحلولين بغمر قطع من النحاس فيهما فيتبادل النحاس مع الفضـة فترسب الأخيرة فى قاع الإناء ويتحول المـاء الى محلول أملاح النحاس .

يحول المعدن الغفل الكبريتى إلى كبريتات الفضة بتحميصه فى أفران عاكسة أو غيرها من أفران التكليس . ونظرا لأن المعـدن الغفل الكبريتى يتركب من كبريتيد الفضة وكبريتيد بعض المعادن الأخرى كالحديد والنحاس والزنك والرصاص الخ فان أوكسجين تيار الهواء المـار أثناء التكليس يتفاعل مع هذه الكبريتيدات ويحولها الى أوكسيدات تلك العناصر وإلى ثانى وثالث أوكسـيد الكبريت . ثم ان الأخير يتحد مع المعادن مكونا لكبريتاتها وبذلك يتحول جزء من الفضة إلى كبريتاتها . والواقع ان رفع درجته تدريجيا أثناء التكليس يحلل هـذه الكبريتات خصوصا كبريتات

الحديد والنحاس الى ثالث أوكسيد الكبريت وأوكسيد تلك المعادن فيسطو ثالث أوكسيد الكبريت على باقى الفضة فيحولها الى كبريتات . وفى اللحظة التى يتم فيها ذلك توقف عمليـة التكليس لأنها إن استمرت أكثر من ذلك تحلل كبريتات الفضـة بدورها الى ثالث أوكسـيد الكبريت وأوكسـيد الفضة وهـذا الأخير لا يذوب فى المـاء فيضيع هدرا مع الأوساخ فى عملية الترسيب .

وبعد إتمـام التكليس تذاب الكبريتات فى أحواض من الخشب سـعة الواحد منها حوالى ٤ أمتار مكعبة تحتوى على ماء دافئ ممزوج بقليل من حامض الكبريتيك ثم ينقل المحلول الى أحواض أخرى تسمى أحواض الاستقرار لفصل الأخلاط الغريبة عنه ، ومن ثَمَّ إلى أحواض ثالثة تسمى أحواض الترسيب محتوية على نحاس فيتبادل الأخير مع الفضـة التى ترسب فى القاع . وفى العادة يستعمل للترسيب حوضان يحتوى الأول على سيقان من النحاس أو قطع كبيرة من النحاس الخردة فترسب به كمية من الفضة ثم ينقل المحلول الى الحوض الثانى الذى يحتوى على كرات صغيرة من النحاس أو على نحاس مرسب لتسهل عملية التبادل فترسب الفضة الباقية حرة تاركة محلولا من كبريتات النحاس وبعض المعادن الأخرى ، ثم يرسب النحاس من ذلك المحلول فى أحواض أخرى تحتوى على قطع من الحديد حيث يتبادل الحديد مع النحاس فيرسب الأخير . وبالنسبة لعدم التأكد من استحالة جميع الفضة الموجودة فى المعدن الغفل إلى كبريتات فان البواقى المتخلفة من عملية الترسيب تحتوى على مركبات الفضـة ومركبات بعض المعـادن الأخرى وهناك عدة طرائق لا يمكن حصرها هنا لإستخلاص كل من المعادن الباقية على حدة .

ويحوّل المعدن الغفل الكبريتى الى كلوريد بخلطه بكمية من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) ثم تحميص المخلوط فى أفران التكليس. ثم يذاب كلوريد الفضة فى أحواض محتوية على محلول قوى من ملح الطعام ويعالج لترسيب الفضة منه بنفس الطريقة السابق شرحها فى كبريتات الفضة .

والترسيب من الكبريتات يعرف بطريقة " زير فوجل " والترسيب من الكلوريد يعرف بطريقة " أوجستن " وهناك طرائق أخرى للترسيب مثل طريقة " كلودت " وطريقة " برسى باتيرا " لا يتسع المقام لشرحها هنا .

طريقة الصهر — تستخدم عادة فى الأحوال الآتية :

(١) لاستخلاص الفضة من الخليط المتخلف من طريقة " باتنسن " السابق شرحها فى فصل الرصاص . وهـــذا الخليط يحتوى على فضـــة ورصاص .

(٢) لاستخلاص الفضة من القشرة الناتجة من طريقة " باركس " السابق شرحها فى فصل الرصاص وهذه القشرة تحتوى على فضة ورصاص وزنك .

(٣) لاستخلاص الفضة من معدنها الغفل ان كان على هيئة كبريتيد نقى غير مختلط بمركبات فضية أخرى وفى هذه الحالة يلزم أولا تحويل المعدن الغفل إلى خليط من الفضة والرصاص وذلك بصهره مع الرصاص فى فرن عاكس فيتحلل الكبريتيد بتأثير الرصاص وتختلط الفضة الناتجة من التحليل مع الكمية الزائدة من الرصاص مكونة خليطا معدنيا . ويمكن الوصول إلى نفس النتيجة بصهر المعدن الغفل مع أوكسيد الرصاص (الليثارج) فى فرن عال ذى قميص مائى .

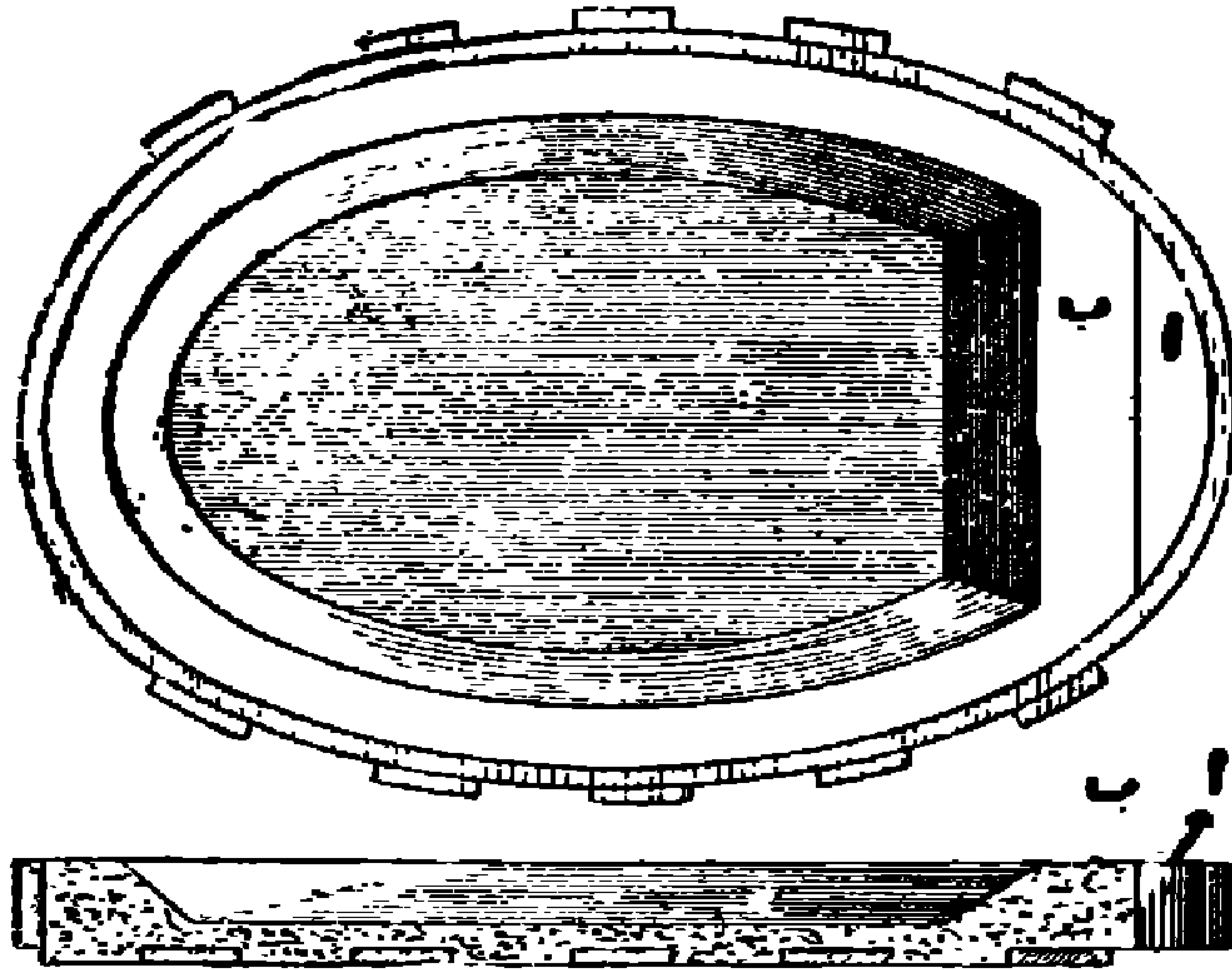
(٤) لاستخلاص الفضة من الرواسب الكبريتية الناتجة من طريقة "برسى باتيرا" المشار اليها ، وفى هذه الحالة يلزم صهر هذه الرواسب مع الرصاص أو الليثارج بنفس الكيفية المذكورة فى بند (٣) فينتج من ذلك خليط من الرصاص والفضة .

ويلاحظ من هذا أن المواد الأربعة التى تستخلص منها الفضة بهذه الطريقة تكون على شكل خلائط من الفضة والرصاص ، وكثيرا ما تكون محتوية على بعض من المعادن الأخرى كالزنك والنحاس والمانجنيز الخ لا سيما الخلائط المذكورة فى (٣) و (٤) .

وتتلخص طريقة الصهر فى تسخين أى الخلائط المذكورة فى بودقة حتى تصهر الخلائط وترتفع حرارتها الى الدرجة الحمراء ، ثم تسليط تيار من الهواء عليها فيتأكسد الرصاص أولا مكونا أوكسيد الرصاص (الليثارج) الذى يدفعه تيار الهواء بعيدا ، وبذلك يتعرض سطح المعدن المنصهر لفعل الهواء فيتأكسد النحاس وبقية المعادن الأخرى . وبالنسبة لعدم تأكسد الفضة فانها تبقى فى قاع البودقة مختلطة بقليل من الذهب إن وجد وذلك لعدم تأكسد الذهب .

والبودقة التى تتم فيها عملية التأكسد مبينة فى شكل (٧٩) وتتكون من إطار حديدى بيضاوى الشكل مثبت فيه بضع سيقان حديدية على شكل مصبعات الأفران يملأ بمسحوق من رماد العظام الحيوانية المندى بالماء ويدك هذا الرماد جيدا ثم يجوف على صورة وعاء . وبالنسبة لأن الليثارج يحدث تآكلا فى حديد الإطار إن لامسه لذلك يترك الجزء "ا" من الإطار فراغا نافذا فيتكون من ذلك الكوبرى "ب" من الرماد يحول دون ملامسة الليثارج لحديد الإطار .

ويلزم تجفيف هـذه البودقة جيدا لبضعة أيام قبل وضعها فى الفرن .



(شكل ٧٩ — بودقة التأكسد)

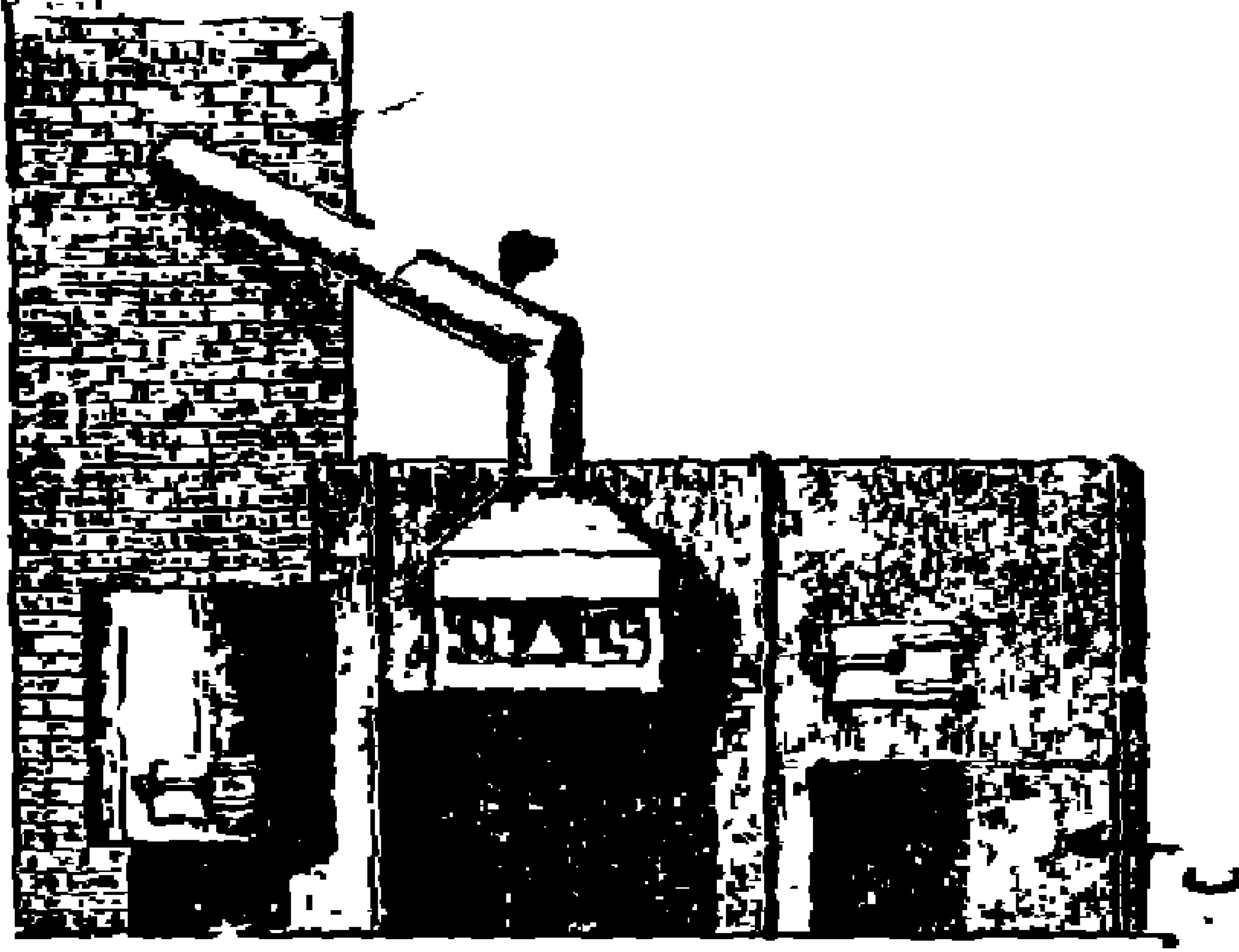
والفرن المستخدم فى هذه الطريقة مبين تفصيليا فى شكل (٨٠) فتوضع فيه البودقة بعد تجفيفها وتثبت تثبيتا غير محكم على المرقد ثم تغطى حافة إطارها برماد العظام حتى لا تتآكل بفعل الليثارج .

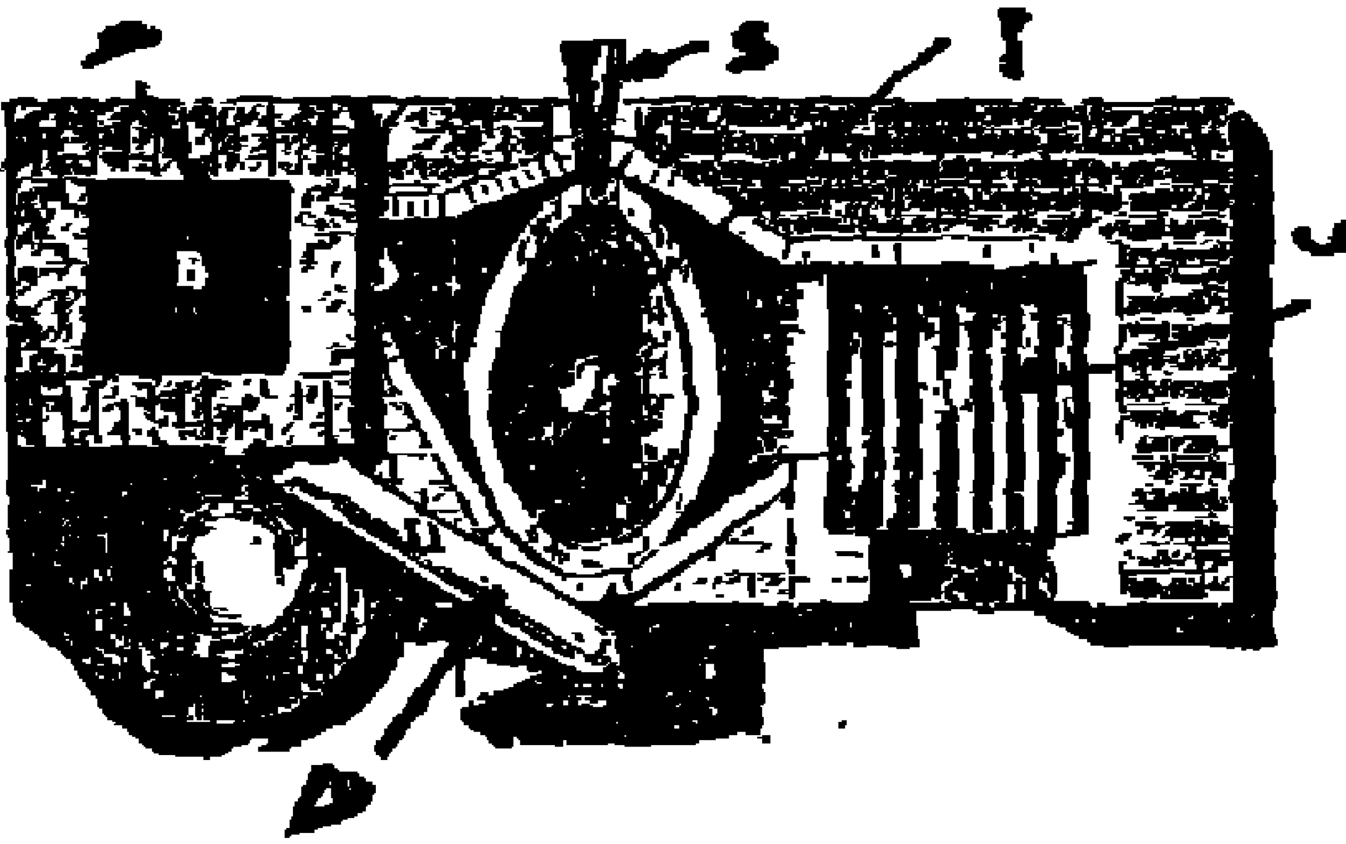
وتوقد النار بعناية تامة حتى إذا ارتفعت حرارة الفرن إلى درجة الاحمرار ينصهر الخليط المعدنى الموضوع فى القدر ويسيل منها الى البودقة من مجرى خلفى . وعندئذ يسلط تيـار شديد من الهواء متولد من مروحة خاصة فينفذ من الودنة ويلفح سـطح المعدن المنصهر فيتأكسد الرصاص ويتحول الى ليثارج ينساب من مجرى يعمل خصيصا له فى كوبرى البودقة ، ومن ثم يستقبل فى قوالب مخروطيـة الشكل من الحديد موضوعة أسفل المرقد . وبمـا أن بعض الليثارج يخرج على هيئة دخان أثنـاء العملية فانه ينفذ من ماسورة البرقع إلى المدخنة حيث يَعْلُق بجدرانها الداخلية على صورة هباب . ويستمر التسخين حتى تتأكسد بقية المعادن الموجودة فى الخليط عدا الفضة

وقبيل ذلك تظهر على سطح المعـدن عدة ألوان جميلة جدا تشبه ألوان قوس قزح فاذا ما تم التأكسـد يسطع سطح المعدن بلون أبيض ضارب للزرقة وعندها تترك الفضة لتبرد ببطء حتى لا يفقد منهـا شيء نتيجة الظاهرة المعروفة "ببصق الفضة" .

وتبلغ شحنة الفرن نحو خمسة قناطير من الخليط المعدنى فى الساعة وتستهلك نحو قنطار ونصف من الفحم .

وقد سبقت الإشارة إلى أن النحاس الغفل يحتوى على كميات قليلة من الفضة تستخلص منه بصهر ذلك النحاس مع كميات من الرصاص (تبلغ أربعة أمثاله بالتقريب) ثم تترك لتبرد بعد أن تصب على صورة أقراص يعاد صهرها كى تمتزج الفضة بالرصاص المنصهر فينفصل مخلوط الفضة والرصاص عن النحاس ثم تجرى عملية استخلاص الفضة من الرصاص كما سبق .





(شكل ٨٠ — فرن أكسدة خلائط الفضة)

(أ) المرقد . (ب) بيت النار . (ح) المدخنة . (ى) ودنة . (هـ) ماسورة البوقع .

تكرير الفضة — كثيراً ما توجد الفضة مختلطة ببعض الأخلاط المعدنية ويدعو الأمر إلى فصل هذه الأخلاط عنها . وأغلب الحالات التى تكون فيها الفضة مختلطة بغيرها هى :

(١) الفضة المستخلصة بالتقطير من عمليتى الملغمة، وتحتوى على ذهب وبزموت ونحاس وزنك ورصاص وأنتيمون الخ .

(٢) الرواسب الناتجة من عملية تكرير النحاس بالكهرباء ، كذلك الأخلاط الناتجة من طريقتى "باتنسن وباركس" فى الرصاص ، فالرواسب قد تحتوى على ٩٥ ٪ من الفضة و ٣ ٪ من الذهب وعلى نسب صغيرة من النحاس والبزموت والرصاص والبلاتين ، والأخلاط قد تصل فيها نسبة الفضة إلى ٩٨ فى المائة .

(٣) سبائك الفضة والذهب المختلفة التركيب والمحتوية على ذهب وفضة ومن ١٠ — ١٥ فى المائة من المعادن غير الثمينة . كذلك الحلى القديمة التى تعرض فى السوق بصفة (كسر) .

وأهم طرائق التكرير نوعان وهما :

طرائق التكرير بالصهر — وتشبه تماما طريقة الصهر السابق شرحها فى استخلاص الفضة ، وذلك إن كانت الأخلاط قليلة فان كانت كثيرة كما هو الحال فى الفضة الناتجة من طريقتى الملغمة فانها تصهر فى بوادق عادية معرضة للهواء فتتأكسد المعادن المختلطة بها وتبقى الفضة حرة .

طريقة التكرير بالكهرباء — وتستخدم على الأخص فى دور ضرب النقود لفصل الفضة من أخلاطها وتشمل طريقة "ميبيوس" وطريقة "بالباخ ثوم" وإننا نكتفى هنا بشرح الطريقة الأولى ، وتستخدم فى تكرير السبائك التى تحتوى على نحو ٩٠ فى المائة فأكثر من الفضة و ٠,٥ الى ١ فى المائة من الذهب والباقى أغلبه من النحاس . فتصب هذه السبائك على شكل ألواح سمك ١ بوصة ثم تؤخذ كل أربعة أو خمسة من هذه الألواح

وتوضع فى كيس شبكى سميك مركب على إطار من الخشب وتغمر فى حوض من الخزف أو الخشب المطلى بالقطران به محلول مخفف من أزوتات الفضة (نترات الفضة) يحتوى من ١ر٠ إلى ١ ./. من الفضة ومضاف إليه كمية تختلف من ١ر٠ إلى ١ من حامض الأزوتيك الذى يذيب الفضة والنحاس ولا يذيب الذهب . وتوصل هـــذه الألواح بالقطب الموجب لينبوع كهربائى . أما القطب السالب فيتصل بواسطة فرشة بشريط من الفضة سمك $\frac{١}{٣٢}$ بوصة مصنوعة على شكل سـير لا نهائى ومركب بطريقة تجعله يدور باستمرار . فاذا ما مر تيار كهربائى بالحوض تفاعلت الألواح مع المحلول والحامض فتنفصل الفضة من الألواح وتتجه نحو السير حيث تعلق به على هيئة مسحوق، فيحملها معه أثناء دورانه وينقلها الى سير لا نهائى آخر مطلى بالجرافيت يحملها بدوره خارج الحوض فيسقط بعضها بالتثاقل فى إناء معد خصيصا لذلك وما يبقى من الفضة عالقا بالسير يكشط منه بواسطة مكشطة مركبة أسفله فتسقط فى نفس الوعاء . وبما أن النحاس يذوب فى الحامض فانه يتركز ويخشى حينئذ من انفصاله واختلاطه بالفضة، لذلك يلزم أن تنظم كمية المحلول والحامض من وقت لآخر بأن يسحب جزء منهما ويستبدل بآخر جديد . وما يتجمع من الكميات المسحوبة يعالج لفصل النحاس منه وكذلك بعض الفضة الذائبة فيه، أما الذهب فانه يرسب فى قاع الحوض فيجمع منه ويرشح ثم يصهر .

وفى نهاية العملية يتبقى فى الكيس الشبكى كثير من الأخلاط التى تكون موجودة من الأصل فى السبيكة وتشمل الذهب والبلاتين والفضة والنحاس والرصاص الخ . فتغسل هذه الأخلاط وتعالج بحامض الازوتيك لترسيبها ثم يصهر الراسب ويصب على شكل ألواح ويكرر بالكهرباء لفصل الذهب منه .

استخدام الفضة — تستخدم الفضة نقدا للتــداول فى اغلب الممــالك وتخلط عندئذ بالنحاس والنيكل لتزداد صلابة . كذلك تستخدم فى صنع الحلى وبعض الأدوات المنزلية الثمينة وتدخل فى تركيب كثير من السبائك المعدنية التى سبق ذكرها فى الفصول المــاضية وتستخدم أيضا فى تغليف كثير من الأدوات المعدنية الرخيصة بطريقة الطلاء بالكهرباء .

الفضة المرملة (Frosted silver) — كثيرا ما تصنع من الفضة المخلوطة بالنحاس قطع زخرفية ، فاذا سخنت هذه القطع فى الهواء يتأكسد النحاس القريب من سطحها، وإذا وضعت بعد ذلك فى حامض الكبريتيك يذوب منها الاوكســيد ويظهر سطح خشن من الفضة النقية ذو لون مطفى ولهذا السبب يقال عن القطع التى تعالج بهــذه الكيفية إنها مصنوعة من الفضة المرملة .

الفضة المؤكسدة (Oxidised silver) — إذا غمرت القطع الزخرفية المصنوعة من الفضة فى محلول من الكبريتيدات القلوية مثل كبريتيد الصوديوم يتكون على سطحها غشاء أسود رقيق من كبريتيد الفضة فيقال عن هذه القطع إنها مصنوعة من الفضة المتأكسدة .

الفصل الثامن عشر

الذهب

من المحقق أن جمال لون الذهب ، وبريقه ، وعدم تأثره بالهواء الجوى قد شجع الناس منذ القدم على أن يضحوا فى سبيله والحصول عليه كل مرتخص وغال. وفى سنة ٣٦٠٠ قبل الميلاد وفى عهد الملك مينا اعتبر الذهب أغلى من الفضة مرتين ونصف ، وفى ذلك الدلالة الواضحة على نفاسة المعدنين. ومن المحتمل أن الذهب كان أول معدن اكتشفه القدماء وذلك لوجوده كمعدن بكر منثور بين الرمال بأحجام دقيقة مختلفة . وفيما خلّفه المصريون القدماء من الآثار نقوش تدل على ذلك منذ سنة ٢٥٠٠ قبل الميلاد . وقبل اكتشاف أمريكا كانت الهند تعتبر أكبر مورد من موارد الذهب ، ففى تلك الأحايين كان يجمع تبره ويغسل فى ماء جار فيتخلف الذهب بثقله فى قاع مجارى الغسيل ، وزيادة فى التحفظ كانت تعمل فُرُش المجارى من جلود الحيوانات ليتخلف الذهب فى تجاعيد شعرها ، فاستعمل فراء الغنم أداة لذلك . ومن الغريب أنه ما يزال فراء الغنم مستعملا للآن فى هذا الغرض ، ولو أنها استبدلت حديثا ببطانيات من الصوف. ومهما يكن الذهب مصدرا للحروب منذ القدم فلا شك أنه كان أول عامل لإنهاض المدنية وسعادة الجنس البشرى . ولنفاسته وغرام الناس به حلا لهم فيه البحث وتهافتوا لعلهم يستطيعون تحويل كل المعادن ذهبا . وفى خلال هذه الجهود انبثق الفجر الأول لعلم الكيمياء .

ويمتاز الذهب بلونه الاصفر الذى يشحب باضافة الفضة اليه ويزهو باضافة النحاس . وعجيب أن لا يمكن تحديد اللون الحقيقى للذهب ، إذ يتعلق على

طريقة استخلاصه. فاذا استخلص بالترسيب أو التقطير ظهر فى ألوان مختلفة، منها البنفسجى القاتم أو الأحمر الياقوتى أو الأحمر البنفسجى. كذلك يختلف لونه بين البنى الضارب الى البنفسجى والبنى الغامق والأسود. ويخضر لون وريقات الذهب بتأثير الضوء عليها. والذهب أطرى من الفضة وأشد صلابة من الرصاص النقى، وهو أكثر المعادن لدونة، يمكن عمل ٣٠٠٠٠٠ورقة فى سمك بوصة واحدة من الذهب كما يمكن سحبه إلى أسلاك حتى أن الأوقية منه يمكن سحب سلك منها طوله ٥٠ ميلا، يتبلور طبيعيا على هيئة مكعبات. ويوجد فى الطبيعة على ذلك الشكل، وان تبلور صناعيا لا يأخذ هذا الشكل، وتحتفظ دار ضرب النقود الإنجليزية بعينة من الذهب المتبلور فى مخلفات احدى بوادق الصهر بعد صبه منها. والثقل النوعى للذهب المسبوك ١٩,٣ ويزداد بالتجليخ إلى ١٩,٤٨ وبالطرق الى ١٩,٦٥، أما الذهب المرسب فثقله النوعى يصل الى ٢٠,٧٢ ينصهر على درجة ١٠٨٤° مئوية حيث يبدأ فى التباخر البطىء جدا. ويتباخر الذهب ببطء شديد حتى فى درجات الحرارة العالية ويغلى فى الأفران ذات القوس الكهربائى، وتبلغ درجة غليانه ٢٥٣٠° مئوية تحت الضغط الجوى. والذهب لا يتأثر كيميائيا بالتسخين، ويختلف عن المعادن بسهولة تحليله من مركباته. فبالتسخين البطىء يتصاعد الكلور أو الأوكسجين من كلوريد أو أوكسيد الذهب ويترك المعدن حرا. كما لا يتأثر قط بالهواء الجوى أو الماء فلا يقتم لونه ولا يتأثر مباشرة بالقلويات ولا بكل من أحماض الكبريتيك والأزوتيك والكلوردريك، يمتص الذهب المنصهر الأوكسجين ويحتفظ بكمية منه بعد تجمده، ويذوب مسحوق الذهب الناعم ببطء فى تلك الأحماض وهى على درجة الغليان. كذلك يذوب فى درجة الحرارة العادية فى الماء المحتوى على الكلور والبروم أو مزيج من اليود وايودات البوتاسيوم،

أو فى بعض الكلوريدات وبعض السيانورات خصوصا سيانور البوتاسيوم . ويذوب الذهب بسرعة فى الماء الملكى (مزيج من حامضى الكلوردريك والنيتريك بنسبة ٣:٢) .

الذهب البكر — يوجد المعدن بكرا مختلطا ببعض الأخلاط الأرضية والمعدنية على حالة من اثنتين : إما فى عروق بأخاديد الصخور، وإما مرسبا فى قاع الأنهر الجارية أو الجافة . ففى الحالة الأولى يوجد إما على شكل بلورات مكعبة الشكل تظهر بين ثنيات الصخور ، وإما على شكل حبيبات متراكمة ممتزجة ببعض الأخلاط وعلى الأخص بالكوارتز يستعصى فصلها بغير سحق تلك الصخور . وفى الحالة الثانية يوجد مرسبا فى قاع الأنهار ممتزجا بالأخلاط الأرضية اما على شكل رمال ، وإما حصى ، وإما قطع متجمعة بعضها ببعض . كذلك يوجد الذهب مختلطا ببعض بيريطيس المعادن الأخرى كالحديد والنحاس كطلاء على سطحها الخارجى ممتزجا بها على حالته المعدنية .

ويعدّن الذهب فى النمسا وترنسلفانيا والسويد وأسبانيا وايطاليا والهند وسيلان والصين واليابان والأمريكتين ، وتعتبر استراليا الآن من أهم موارده .

الذهب الغفل — قليلا ما يوجد الذهب غفلا ويكون حينئذ على شكل تللوريد كما يحتمل أن يوجد على شكل كبريتيد . ويكثر وجوده فى استراليا الغربية . وأحسن أنواع التللوريد هما : الكالافريت والسلفنيت ، والأخير خليط من تللوريد الذهب والفضة ، كذلك يوجد هذا التللوريد بنسبة مئوية كبيرة فى الرصاص . ولون التللوريد سنجابى قاتم أو أسود ،

ونادر أن يكون لونه رماديا فضي اللون ، وعند تسخينه فى الهواء يتأكسد • يترك الذهب حرا .

ويحتوى الكالافريت على حوالى ٤٤ ./. ذهبا ويحتوى السلفنيت على كمية تتراوح من ٥ إلى ٨ ./. ذهبا .

أما البتزايت (تللوريد الفضة المزوج بالذهب) فيحتوى على ٢٥,٦ فى المائة من الذهب . وهناك بعض أنواع من المعدن الغفل توجد مبعثرة فى مناطق مختلفة من الأرض بكميات قليلة لا تبرر استخلاصها .

استخلاص الذهب — تتعلق عملية استخلاص الذهب على حالة بكره أو غفله فان وجد بين الصخور محقت حتى يمكن فصله منها ، وان وجد بين الرمال غسلت و رسب الذهب. وفى بعض الأحيان يضطر معدنو الذهب الى فصل المعدن (إن وجد على شكل قطع صغيرة ممزوجة بالطين) بواسطة شؤبوب قوى من المـاء يسلط على الطينة المحتوية على الذهب فيمزقها و يحملها إلى مجار خشبية يتخلف فيها الذهب . و يعترض تلك المجارى حواجز خشبيـة تحجز خلفها الذهب لثقله ، بينما تعبرها المواد الطينية والأخلاط الأخرى ، فيجمع الذهب من آونة لأخرى من تلك المجارى ، وتعترض المجارى أيضا حواجز حديدية ذات ثقوب دقيقة تحجز خلفها ما قد يكون محمولا من الذهب على تيار المـاء .

ولتسهيل انسياب المياه فى المجارى توضع مائلة بنسبة $\frac{١}{١٢}$ ، و يقل ذلك الميل تدريجيا على طولها ليعطى فرصة أكبر لترسيب الذهب .

وتلقى كميـة من الزئبق خلف الحواجز بين وقت وآخر كى يتلغم الذهب وفى الغالب تعلق ألواح من النحاس الملغم بالزئبق فى المجارى ليعلق بها الذهب

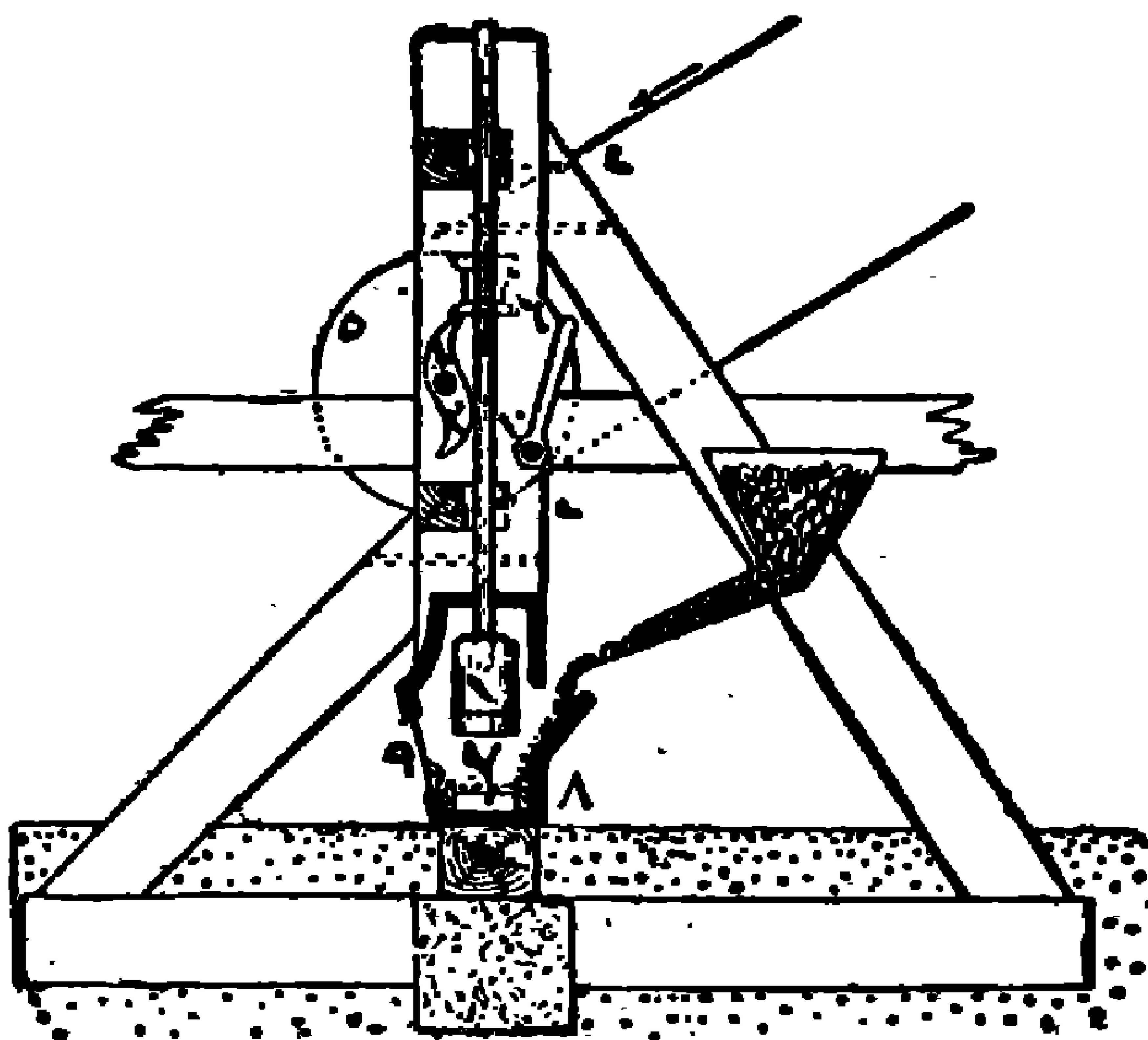
العائم ، وبعد ذلك يجمع الملغم ويعصر في قطعـة من جلد الشموا ليتخلص من الزئبق الزائد عن الحاجة ، ثم تجرى عليه عملية تقطير الزئبق كما فى الفضة .

و إن وجد الذهب تبرا مختلطا بالرمال يغسل فى مجار خشبية مائلة مفروش قاعها بمواد صوفية كالفراء أو البطانيات ، يغسل فوقها الخليط بشؤبوب بسيط من المـاء ، وفى خلال ذلك يدعك الخليط على سطح القاع فى اتجاه مخالف لتيار المـاء، فيعلق الذهب فى تجاعيد الشعر ، ثم يرفع القاع ويغسل بهزه فى حوض من المـاء ، ثم تلقى كمية من الزئبق لتكون ملغما من الذهب.

ويستحسن الصينيون أن تلقى الرمال فى المـاء المغلى ، يضاف إليها كمية من الزئبق للغمة .

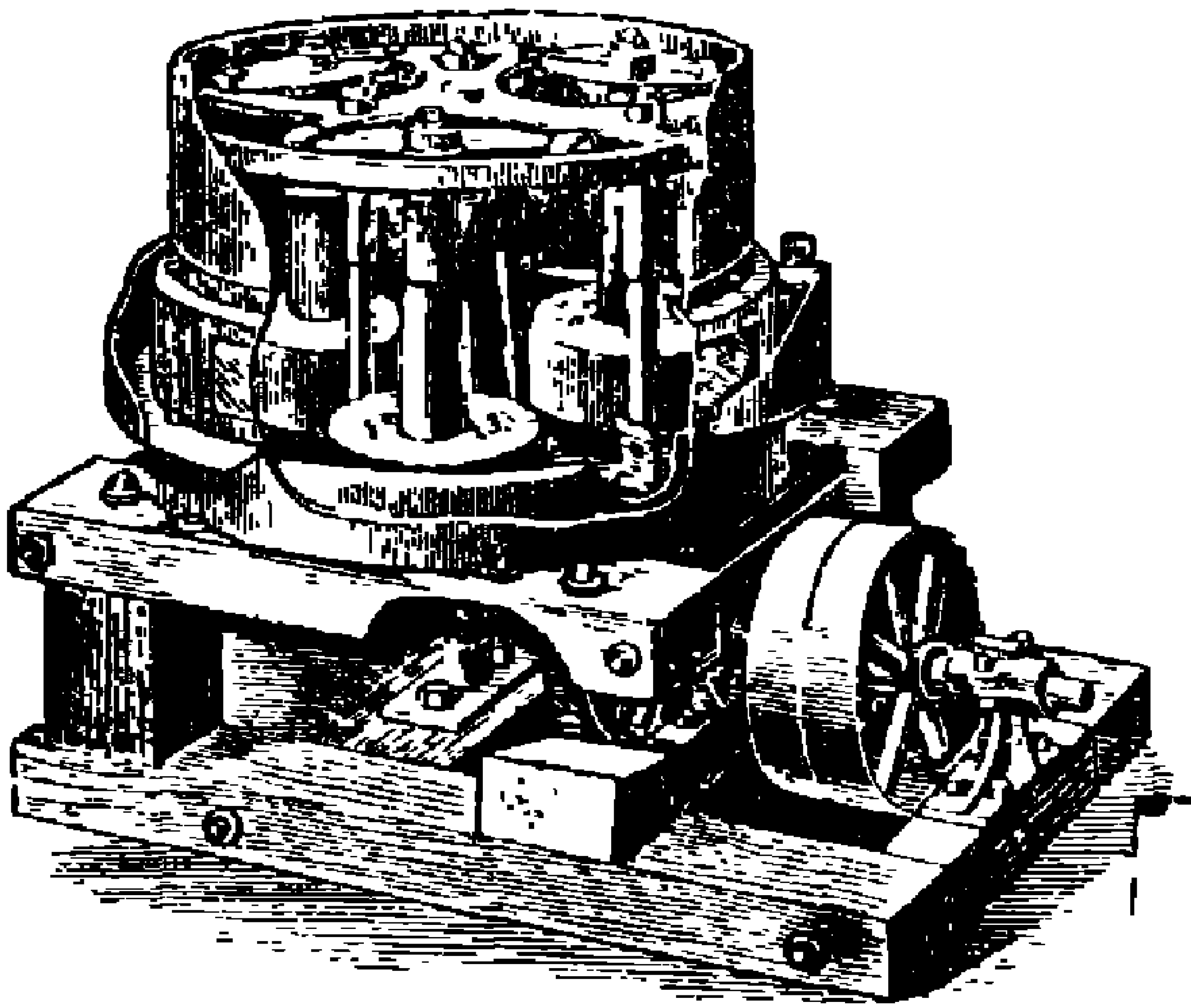
وإن وجد الذهب مختلطا بالأحجار متداخلا فيهـا تسحق بمطارق ليسهل فصله وفى ذلك تتبع الطريقة الآتية :

يكسر المعدن بالآلات كالسابق شرحها ثم يدق بمدقات تشبه المستعملة فى دق الأرز فى مصر . وتتركب كما فى شكل(٨١) من ساق من الصلب مثبتة به



(شكل ٨١)

جلبة (٦) ومعلق بأسفله مطرقة من الصلب (١) ويتحرك الساق رأسيا بين دليلين من الخشب المتين ، ترتكز الجلبة (٦) على كامة مزدوجة (٣ و ٤) مكونة من قوسين من دائرة. والكامة مثبتة على محور يديره الطنبور (٥) فترتفع الجلبة والعمود بتأثير الكامة ، وعند تركها للجلبة يهبط العمود فيسحق المعدن الغفل بينه وبين سندال من الصلب (٧) مثبت فى قاع هاون من الزهر (٨) وعلى أحد جانبيه شبكة من السلك (٩) ويسحق فيه المعدن ناعما ثم يضاف اليه داخل الهاون كمية قليلة من الماء، كذلك كمية من الزئبق فيتملغم الذهب . وباستمرار عملية الدق تمر العجينة الملغمة من ثقوب الشبكة ثم تضاف كمية من الماء لغسل الهاون وإزالة ما بقى من المعدن ، ثم تجرى على الملغم عملية تقطير الزئبق ، وقد وجد أن هذه الطريقة تجبر بعض جزيئات الرمل أو الصخور على أن تلتصق بالذهب فتتعذر الملغمة ، لذلك استعملت المطاحن الدوارة شكل (٨٢) وهى فى أبسط أشكالها عبارة



(شكل ٨٢ — المطاحن الدوارة)

عن حوض مستدير من الزهر يتوسطه محور رأسى ينتهى كل من طرفيه بقرصة تحمل ثلاث أو أربع أعمدة ، يمر كل عمود بدرفيل من الصلب ذى ثقب أوسع من قطر العمود . فعند إدارة المحور الأوسط تدور القرصتان، فتتولد فى الدرافيل قوة مركزية تدفعها نحو جدران الحوض ، فينسحق المعدن وباضافة الماء والزئبق يتحول الى ملغم ينفذ من خلال شبكة موضوعة على محيط الإناء .

وتعالج البقايا المتخلفة بعد الملغم باضافة الزئبق اليها أثناء طحنها مرة ثانية فى طاحونة تشبه الرحى مصنوعة من الزهر ، مخروطية القطاع بحيث تتداخل قرصتها العليا فى السفلى فتنحصر البقايا بينهما ، فتسهل على الزئبق ملغمة الذهب القليل المتخلف . وقد تعالج تلك البقايا مرارا بهذه الطريقة إلى أن يتأكد من خلوها من الذهب ، وتحتوى هذه المخلفات غالبا على النحاس .

الطريقة الرطبة — تشمل هذه الطريقة معالجة الذهب بأحد المحاليل الكيميائية ثم ترسيبه بتبادله كيميائيا مع معدن آخر . وصهر الذهب المرسب وتنقيته بطريقتين :

(أ) طريقة السيانور — قدمنا أن مسحوق الذهب يذوب فى سيانور البوتاسيوم ويساعد وجود الأوكسجين على إذابة الذهب فيه . وعلى ذلك تعالج مخلفات طريقة الملغمة أو تبر الذهب المختلط بالكثير من المواد الطينية المحتوى على بعض أنواع البريطيس بهذه الطريقة التى تتلخص فيما يأتى :

تلقى المخلفات الممزوجة بالماء فى حوض متسع (قد يكون مملوءا بالماء أو فارغا) فتستقر الرمال وترسب هى والأتربة المحتوية على الذهب فى قاع الحوض ، وتطفو المياه الزائدة فيصفى ما بقى منها ويطلق على هذا الحوض اسم "حوض ترسيب الرمال" ، ومنه تنقل إلى حوض آخر يسمى حوض السيانور ، يتكون من حوض عادى مستطيل أو مستدير يتوسط ارتفاعه قاع خشبى مستعار مغطى بطبقة من نسيج ليف جوز الهند [1] توضع فوقها محتويات الحوض الأول . ثم يملأ الحوض بمحلول من سيانور البوتاسيوم

(١) كالمستعمل فى مماسح القدم .

(٠,٠٥ إلى ٠,٣٥ فى المـائة) حتى يغطى تلك المخلفات ، ويترك المحلول مدة تتراوح من ٦٠ — ٧٢ ساعة فيذوب معظم الذهب ، وبعد تصفيته يعالج مافى الحوض مرة أخرى بمحلول أخف للتأكد من تمـام إذابة الذهب ، وهناك طريقتان لملء الحوض : فإما أن يصب المحلول من أعلى حتى يغمر محتويات الحوض ثم يترك مدة فيهبط إلى أسفل الحوض وبذلك ينفذ أوكسجين الهواء خلال طبقات الرمال وتكرر تلك العملية حتى يملأ الحوض جميعه . والطريقة الثانية أن يدخل المحلول من قاع الحوض فيذهب صعدا إلى أن يغطى جميع الرمال ، والغرض من ملء الحوض هو تعريض أكبر سطح ممكن من الرمال لأوكسجين الهواء حتى يساعد على إذابة الذهب فى المحلول ، وقد تلزم الضرورة نقل المحتويات من حوض لآخر زيادة فى تعرضها لأوكسجين الهواء .

وبعد التأكد من إذابة الذهب يصفى المحلول فى أحواض تسمى أحواض ترسيب الذهب ، وتتكون من أحواض متتالية يوضع بالقرب من أعلاها مصبعات من الحديد فوقها قصاصات رقيقة من الزنك المغطى بطبقة رقيقة من الرصاص ، فيدخل المحلول من القاع ويطفو إلى الحوض فيتبادل بعض الزنك مع الذهب الذى يرسب على سطح الزنك بلون أسود ، ويمر المحلول بعد ذلك من الحوض الأول إلى قاع الحوض الثانى وهكذ حتى يتم ترسيب جميع الذهب ، فتجمع بعد ذلك قصاصات الزنك المغطاة بطبقة من الذهب السوداء ، ثم تغسل وتصفى حتى يفصل ما بقى من الزنك وأملاحه التى تذوب فى المـاء . وقد يضاف إليها عند الغسيل محلول مخفف من حامض الكبريتيك أو بيكبريتات الصودا حتى

يذوب جميع الزنك وتحلل السيانورات ، ومتى تم التفاعل الكيميائى يترك حتى يرسب الذهب ثم يعاد غسله فى ماء ساخن ، ويجفف ، ويكلس ، ثم يصهر مع مساعد صهر (كربونات الصودا والبوراكس والرمل) فى بودقة ، وقد يضاف أول أوكسيد المانجنيز كى يساعد على تأكسد المعادن الغريبة الأخرى ، ولا يؤثر وجود الرصاص كيميائيا بل يساعد فقط على سرعة ترسيب الذهب ، وتجب العناية بالنظافة والتهوية خوفا من تسمم العمال بالسيانور .

(ب) طريقة الكلور — استبدلت الطريقة السابقة بطريقة الكلور بالنسبة لتأثيره على الذهب مكونا كلوريد الذهب الذى يذوب فى الماء . وتتلخص هذه الطريقة فى تحميص المعدن أو مخلفات طريقة الملغمة التى تحتوى على بعض البيريطيس حتى يتأكسد الأخير فلا يتأثر بالكلور ، ثم توضع المواد المكلسة فوق مصفاة مثبتة فى وسط برميل من الخشب المغطى من الداخل بطبقة من القار ، وفى العادة تندى المواد المكلسة قبل ذلك . يدخل غاز الكلور من أسفل البرميل ، فيزيح أمامه الهواء الى الخارج خلال ثقب فى أعلى البرميل ، ويستمر إدخاله حتى يمتلىء البرميل ، ثم تسد منافذه ويترك مدة تختلف من يومين الى ثلاثة فيتكون كلوريد الذهب (ذ كل$_{٣}$) الذى يحول الى محلول يعالج بكبريتات الحديدوز ، فيترسب الذهب ويصفى المحلول ويعالج ما ترسب منه بغسله فى أحماض مخففة تذيب جميع المعادن الغريبة منه . ثم يصهر الذهب فى بودقة عادية كما سبق فى الطريقة الأولى . وتضاف عادة كمية من ملح الطعام عند تحميص المعدن حتى تتحول الفضة الموجودة فيه إلى كلوريد الفضة الذى يذوب فى هيبوسلفيد الصودا ، وذلك بعد فصل كلوريد الذهب .

تنقية الذهب — هناك ثلاث طرق لتنقية الذهب ، تتعلق كل منها على نوع المواد الغريبة الموجودة : الأولى — بالتحليل الكهربائى ، وذلك بإمرار تيار كهربائى فى محلول كاوريد الذهب فيلتصق باللوح السالب بينما يكون اللوح الموجب من ذهب نقى . الثانية — تتلخص فى صهر الذهب فى فرن ذى تيار غزير من الهواء ، فتتأكسد معظم المعادن الغريبة وتطفو على سطح الذهب المنصهر . فالرصاص مثلا يتحول الى المرتك الذهبى (الليثارج) يحمله معه تيار الهواء . أما الفضة (التى لا تتأكسد بالهواء) فتعالج بالطريقة الثالثة . وتتلخص فى إذابة الفضة فى حامض الكبريتيك المركز المغلى فتتحول إلى كبريتات الفضة ، ويبقى الذهب كتلة إسفنجية ذات لون بنى تعالج بعدها بغمرها فى حامض النتريك ، ثم يصهر الذهب فى بودقة مع قليـل من كربونات الصودا والفحم النباتى ليتخلص من كل الأوساخ التى ما زالت عالقة به .

الفصل التاسع عشر

النيكل

لم يعرف النيكل كعنصر مستقل إلا فى النصف الأخير من القرن الثامن عشر ولو أن بعض المصادر تزعم أنه كان معروفا لدى قدماء الصينيين دون أن تثبت ذلك بصفة قاطعة .

وقد حدث فى أواخر القرن السابع عشر أن عثر بعض المعدنين الألمان على النيكل الغفل أثناء تنقيبهم عن المعادن فأسموه "كيفر نيكل" ومعناه النحاس الزائف وذلك لأنه كان يشبه النحاس الغفل فى مظهره العام فظنوه نحاسا وعالجوه بالطرق المعروفة لديهم لاستخلاص ذلك المعدن من غفله فلم ينتج منه نحاس قط . ومع ذلك ظل الاعتقاد سائدا بأنه نحاس غفل متحد مع الكوبالت أو الزرنيخ حتى أثبت "برجمان" أن هذا المعدن ما هو إلا عنصر آخر فى حالة غير نقية ، وكانت هذه أول خطوة فى سبيل البحث الجدى لاستخلاص هذا المعدن .

والنيكل معدن أبيض صلب قليل التأثر بالمؤثرات الجوية لكنه يتأكسد قليلا إذا سخن لدرجات الحرارة الحمراء فى الهواء، أو إذا سخن فى حضرة بخار الماء . قابل للطرق (١) والسحب حتى ليمكن سحبه إلى صفائح وأشرطة لكنه إذا اختلط بقليل من الزرنيخ يفقد خاصية السحب . قابل للحام وينصهر على ١٤٥٠° مئوية وهى أقل قليلا من درجة انصهار الحديد . قابل

(١) تزداد قابلية النيكل للطرق اذا أضيفت اليه كية من المغنزيوم أو المانجنيز .

للتمغطس نوعا ما . يذوب ببطء فى حامض الكلوردريك والكبريتيك ويذوب قليلا فى حامض الأزوتيك مكونا أزوتات النيكل ويتحد بسهولة مع الكبريت والزرنيخ .

النيكل البكر — يوجد النيكل بكرا فى الشهب الساقطة (النيازك) وقل أن يوجد على هذه الحالة فى الطبيعة .

النيكل الغفل — بيد أن أغلب النيكل يستخرج من مناجمه غفلا على هيئة مركبات كيميائية مختلطة فى الغالب ببعض الأخلاط الصخرية وبغفل بعض المعادن كالكوبالت والحديد والنحاس وغيرها . وأهم أنواع النيكل الغفل هى :

(١) الكيبفر نيكل أو النكولايت — وهو مركب من النيكل والزرنيخ.

(٢) الملليرايت أو بلند النيكل — وهو مركب من النيكل والكبريت .

(٣) جلانس النيكل — وهو مركب من النيكل والزرنيخ والكبريت .

(٤) الجارنيرايت — وهو مركب من سليكات المغنزيوم والنيكل المائية.

استخلاص النيكل — تختلف طرائق استخلاص النيكل من غفا باختلاف تركيب ذلك الغفل؛ فان كان على هيئة كبريتيد أو زرنيخيد فانه يكون عادة مصحوبا بالحديد والنحاس ، فيزال أغلب الحديد منه بالصهر والأكسدة ويتخلف من ذلك ركاز غنى بالنيكل والنحاس فيفصل أحدهما عن الآخر إما بالصهر فى أفران وإما بالتحليل الكهربائى ، وفى الحالتين ينتج نيكل لا تقل درجة نقائه عن ٩٨ إلى ٩٩ فى المائة .

وطريقة الفصل بالأفران تتلخص فيما يأتى :

يعالج الركاز كيميائيا حتى ينفصل منه النحاس والمركبات الأخرى ويتخلف بعد ذلك معدن النيكل على هيئة أوكسيد ، فيخلط الأوكسيد بالهباب والزيوت ويكبس ثم يصهر فى أفران خاصة فيتحد الكربون الداخل فى تركيب الهباب والزيوت مع أوكسيجين الأوكسيد ويترك معدن النيكل نقيا .

أما الفصل بالتحليل الكهربائى فيتم ببضع طرائق نذكر منها الطريقتين الآتيتين على سبيل المثال :

(١) طريقة سافلسبرج وانشاف — يؤتى بالركاز المحتوى على ٦٥ — ٧٠ فى المائة من النيكل وبعض الحديد وقليل من النحاس ويسحق جيدا مع إضافة الماء أو محلول كلوريد الكلسيوم ، ثم يعالج بالكلور فيذوب النيكل والحديد ويتحرر أغلب الكبريت ، ويتحول بعضه إلى حامض الكبريتيك ، كذلك يتكون حامض الكلوردريك فيحول إلى أملاح بإضافة أوكسيد الحديد إليه . ثم يؤخذ المحلول ويرشح لإزالة ما به من المواد غير الذائبة وهى كبريتات الكلسيوم والكبريت والسليكا وأوكسيد الحديد وغير ذلك فيصبح عندئذ محتويا فقط على كلوريد النيكل وكلوريد الحديد فيسخن لدرجة 60° — 70° مئوية وتضاف اليه كمية من المعدن الغفل المسحوق ويسلط عليه تيار من الهواء فيحل النيكل محل الحديد الذى يرسب على هيئة ح (يد أ)$_3$. وبالترشيح يصبح المحلول محتويا فقط على كلوريد النيكل فيوضع فى حوض متصل بدائرة كهربائية قطبه السالب لوح من النيكل وقطبه الموجب من الجرافيت ، وبإمرار تيار كهربائى بالحوض ينفصل النيكل ويلتصق بالقطب السالب مكونا جسما متماسكا محتويا على نحو ٩٩٫٩ ٪ من النيكل والباقى من الحديد والنحاس والسليكا والكربون والزرنيخ والأنتيمون الخ .

طريقة هيبينيت — يؤتى بالركاز المحتوى على ٤٧ ./ٌ من النيكل و ٣٠ — ٣٢ ./ٌ من النحاس و ٠,٢ — ٠,٥ من الحديد و ٢٠ ./ٌ من الكبريت ويحمص لإزالة أغلب الكبريت منه، ثم يغمر فى محلول محتو على ١٠ ./ٌ من حامض الكبريتيك لإزالة جزء كبير من أوكسيد النحاس الموجود به الذى يذوب فى الحامض . وما يتخلف بعد ذلك يصهر ويصب على شكل سيقان تحتوى على نحو ٦٥ ./ٌ من النيكل و ٣ — ٨ ./ٌ كبريت و ٣٠ ./ٌ نحاس وقليل من الحديد ، وتوضع هذه السيقان فى أحواض متصلة بدائرة كهربائية ومحتوية على محلول كبريتات النيكل ، وتوصل بالقطب الموجب ، أما القطب السالب فيوصل بألواح من الحديد مدهون بطلاء رقيق من الجرافيت المندى بالماء . وبمرور التيار الكهربائى ينفصل النيكل عن السيقان ويتجه نحو ألواح الحديد فيعلق بها على شكل ألواح متماسكة تفصل بسهولة عن الألواح الحديدية وتغسل فى محلول من حامض الكبريتيك المخفف لإزالة ماقد يكون عالقا بها من الأملاح القاعدية ثم تجفف وتقطع وتعرض فى السوق ، تستخدم هذه الطريقة بكثرة فى كندا فى الوقت الحاضر .

ويستخلص النيكل من بعض أنواع غفله بتحويلها إلى مركب نيكلى قابل للتبخر يسمى "كربونيل النيكل" [كـ (ك ا)٤] ويتركب من نيكل وكربون وأوكسجين . وطريقة ذلك أن يحمص المعدن الغفل أولا لتحويله الى أوكسيد ثم يسخن الأوكسيد فى جو مختزل لدرجة ٣٠٠° مئوية لاختزال الاكاسيد وتحويلها إلى خليط من المعادن ويسخن الخليط الناتج لدرجة ١٠٠° مئوية فى جو محتو على أول أوكسيد الكربون تحت ضغط يعادل ٢٢٠ رطلا على البوصة المربعة فيتحد النيكل مع الكربون والأوكسجين ويتباخر على هيئة كاربونيل يستقبل فى أوعية خاصة ويسخن إلى درجة ٢٠٠° مئوية فى ضغط

جوى عادى (١٤,٧ رطل على البوصة المربعة) فيتحلل بخار الكربونيل الى نيكل حر وأول أوكسيد الكربون الذى يستقبل على حدة ويستعمل ثانيا .

وهناك طريقة أخرى لاستخلاص المعدن من سليكات النيكل المائية، وذلك بتسخين السليكات فى فرن صغير (دست) بعد خلطها بكبريتات الكلسيوم (الجبس) أو بعض العوادم القلوية مثل كبريتيد الكلسيوم فيتحول الخليط الى ركاز غنى بكبريتيدات الحديد والنيكل وباستمرار التسخين يتحول كبريتيد الحديد الى أوكسيد الحديد الذى يتحد مع السليكا فيستحيل الى خبث ويزال . أما كبريتيد النيكل فانه يكلس فى أفران خاصة فيتحول الى أوكسيد النيكل فيعالج هذا الأوكسيد بطريقة الزيوت والهباب السابق شرحها .

استخدام النيكل — يستخدم النيكل بدرجة كبيرة فى عمليات الطلاء التى تجرى على المعادن الرخيصة وذلك نظرا لجمال مظهره وحسن صقله ومشابهته للفضة، وأيضا لقلة تأثره بالعوامل الجوية . كذلك يدخل فى تركيب كثير من السبائك مع بعض المعادن الأخرى لتعديل خصائصها كزيادة الصلابة أو قابلية السحب أو جودة التوصيل أو لإكساب سطحها صقلة لامعة . وهو من أهم مركبات السبائك المعدنية المعروفة باسم الفضة الألمانية السابق ذكرها فى فصل النحاس . ويستخدم النيكل أيضا عملة للتداول فى كثير من الممالك وفى هذه الحالة يخلط بالنحاس بنسبة ٢٥ ٪ نيكل و ٧٥ ٪ نحاس غالبا .

الفصل العشرون

الألومنيوم

هو أحد المعادن التى اكتشفت فى أواخر القرن الماضى ، ويرجع تاريخ اكتشافه إلى عام ١٨٤٥ حيث أمكن استخلاصه من مركباته كمعدن مستقل. وقد كان الباعث على اكتشافه رغبة الكيميائيين فى معرفة العناصر التى تتكون منها المركبات التى تقع فى أيديهم وكان من ضمن تلك المركبات أوكسيد الألومنيوم المعروف بالألومينا (لو٢ ا٣) وكذلك كلوريد الألومنيوم (لو كل٣) فنجح "وهلر" فى استخلاص معدن الألومنيوم من المركب الأخير بتسخينه مع البوتاسيوم وكان المعدن الناتج على هيئة مسحوق رمادى اللون فاتح . ثم تتابعت التجارب حتى أمكن استخلاص المعدن فى عام ١٨٤٥ بلونه الحقيقى المعروف به الآن . وكان لاكتشاف هذا المعدن ضجة كبيرة فى الأوساط الكيميائية والمعدنية وعرضت منه نماذج فى سراى الصناعات بباريس عام ١٨٥٥ استرعت انتباه أقطاب الصناعة والتجارة ، وقد سموه وقتئذ "فضة الأرجيل" وبيعت منه كميات قليلة بسعر ١٢٠ جنيها للكيلوجرام ثم اتسع نطاق استخلاصه تدريجيا فهبطت قيمته حتى وصل سعره إلى ٨٠ جنيها للطن الواحد أى ٨ قروش للكيلوجرام فى عام ١٩١٠ ولا يزال سعره منخفضا للآن .

والألومنيوم معدن فضى اللون يقبل الصقل جيدا ، وهو أخف المعادن وزنا يبلغ ثقله النوعى ٢,٥٦ ويزداد بالضغط حتى يصل الى ٢,٦٨ وذلك عند تحويله الى سيقان أو ألواح ، أى أنه يعادل ثلث الثقل النوعى للحديد تقريبا . موصل

جيد للحرارة والكهرباء، يقبل السحب والطرق بسهولة ما بين ١٠٠° و ١٥٠° مئوية وبتكرار تحميره يمكن سحبه الى اسلاك كما يمكن تحويله الى ألواح ورقائق بإمراره فى آلات الجلخ . متوسط فى قوة التماسك، يطرأ عليه تغير مهم عند تسخينه إلى ٥٣٠° مئوية فيصبح هشا . يمكن سحقه بسهولة . ينصهر على ٦٥٨° مئوية ويغلى عند ١٨٠٠° وينكمش كثيرا عند برودته . لا يتأثر بالهواء الجاف ويتأثر بالهواء الرطب والماء المغلى فيعلوه غشاء خفيف من الأوكسيد يقى بقية المعدن من التأكسد . يتأكسد ببطء شديد عند تسخينه إلى ٧٠٠° أو ٨٠٠° مئوية لكنه إن سخن لدرجات أعلى من ذلك يشتعل بلهب وضاء مصحوبا بحرارة شديدة ويتحول الى أوكسيد الألومنيوم . ويكون اشتعاله أشد إن كان على هيئة مسحوق .

الألومنيوم الغفل — لا يوجد الألومنيوم بكرا فى الطبيعة على الإطلاق لكن مركباته عدة جدا ومنتشرة فى جميع أرجاء الأرض ولهذا السبب يعتبره بعض الكيميائيين الثالث فى الانتشار بعد الأوكسيجين والسليكون فى العالم وأشهر هذه المركبات هى :

(١) الألومينا (أوكسيد الألومنيوم) — تظهر فى مظاهر شتى، فحجر الكوراندام الشديد الصلابة والياقوت الأحمر والياقوت الأزرق ماهى إلا أنواع غير نقية من الألومينا . وصنفرة الحديد وحجر الجلخ ما هى إلا كوراندام مختلط بأوكسيد الحديد . كذلك الجبسيت والبوكسيت والدياسيور ما هى إلا أنواع من الالومينا المائية . ويوجد البوكسيت عادة مختلطا بقليل من أكاسيد الحديد والتيتانيوم والسليكون .

(٢) الكريولايت — ومعناه الحرفى (الحجر الثلجى) وهو فلوريد الالومنيوم والصوديوم ويوجد بكثرة فى جنوب جرينلاند على شكل أجسام جامدة

متبلورة زجاجية تشبه فى مظهرها الثلج الأغبش ، وتستخدم كمادة مساعدة للصهر وكعامل غير مباشر فى استخلاص معــدن الالومنيوم كذلك تدخل فى صناعة (الشبة) و بعض أملاح الألومنيوم .

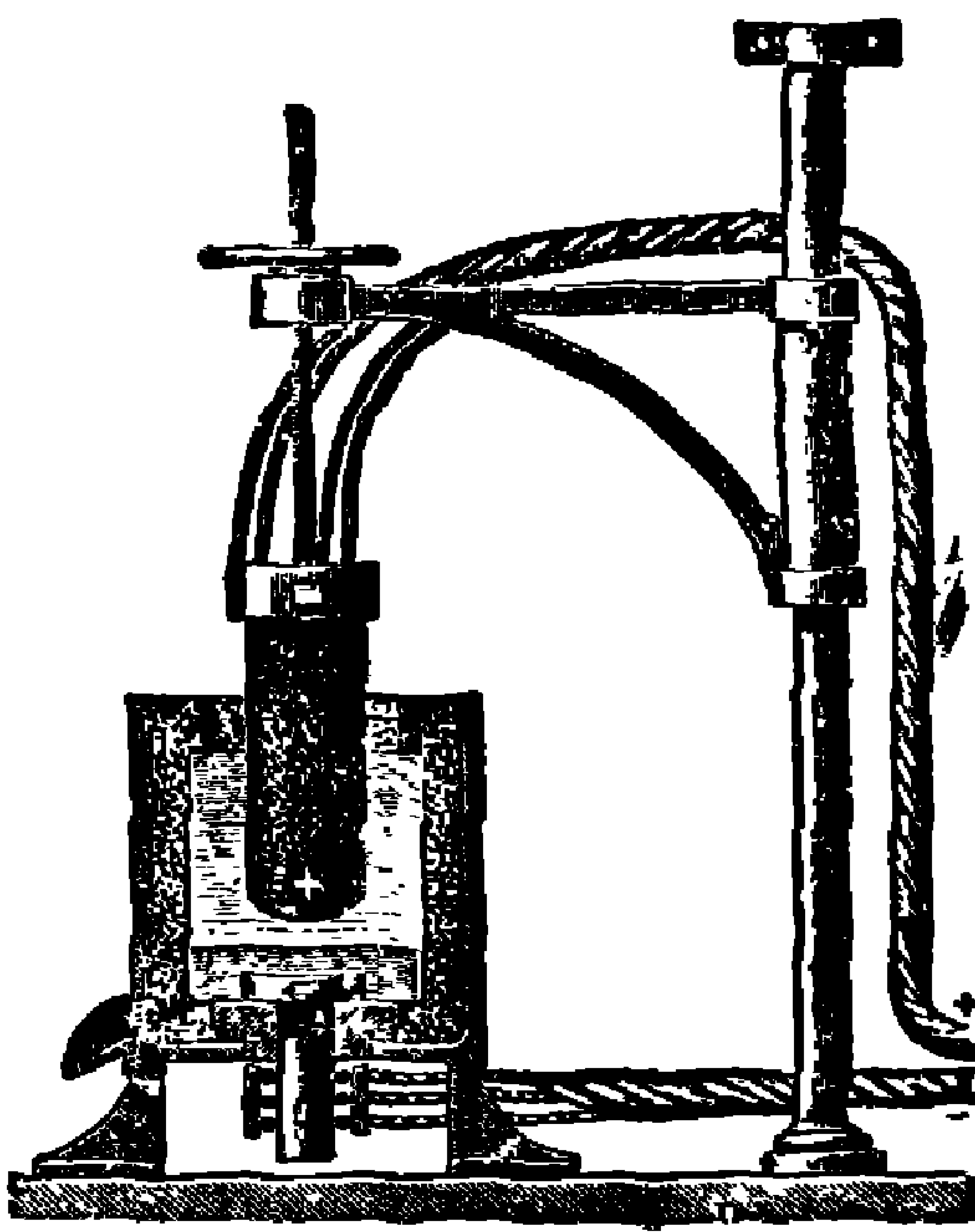
(٣) سليكات الالومنيوم — وتشمل أغلب أنواع الطين العادى والحرارى والخزفى وتحتوى من ٢٠ إلى ٣٠ فى المـائة من الالومينا .

استخلاص الالومنيوم — طبيعى أن يتبادر للذهن لأول وهلة أن يكون استخلاص الالومنيوم من أنواع الطين المختلفة لكثرة انتشارها ولرخص ثمنها الذى يكاد يبلغ حد العدم ، لكن حال دون ذلك عدم توصل الكيميائيين الى طريقــة قليلة التكاليف يمكن بها فصل السليكا عن الالومينا . وعلى ذلك أصبح الالومنيوم يستخلص فقط من البوكسيت (الذى هو الومينا مائية غير نقية) وذلك بعد تنقيته من أخلاطه بالوسائل الكيميائية ثم تحليله بالطرق الكهربائية .

طريقة التحليل بالكهرباء — تقرن هذه الطريقة باسم "هول" فى أمريكا و باسم "هيرولت" فى أوربا ، وتتلخص فى استخلاص الالومنيوم من البوكسيت السابق ذكره وذلك بعد تنقيته من أخلاطه بالوسائل الكيميائية ثم إذابته فى الكريولايت (فلوريد الالومنيوم والصوديوم) وتحليله بإمرار تيار كهربائى فيه . وينقى البوكسيت من أخلاطه بجملة طرائق : أهمها أن يحمض على درجة حرارة منخفضة فتتحول أكاسيد الحديد المنخفضة الموجودة فيه الى أكاسيد عاليــة ، ثم يغمر فى إناء محتو على الصودا الكاوية تحت ضغط فتــذوب الالومينا ولا يذوب أوكسيد الحديد ، وعندئذ تخفف محتويات الإناء بالمـاء ، وترشح لإزالة أوكســيد الحديد منها ، ثم يعالج السائل المرشح بايدروكسيد

الاولومنيوم فترسب أغلب الالومينا بحالة نقية تقريبا فى قاع الإناء، ثم تغسل وتجفف وتصبح صالحة للتحليل بالكهرباء .

ويجرى التحليل فى حوض يقوم بوظيفتين معا ، وهما الصهر[1] والتحليل ، وتصنع جدران هذا الحوض من ألواح معدنية تبطن بمادة كربونية أو بالالومينا (والأخير هو الأفضل). وتتدلى فى هذا الحوض عدة كتل من الفحم مربوطة من أعلى بسلك متين من النحاس (كابل) متصل بالقطب الموجب لينبوع كهربائى بطريقة تسمح بخفض هذه الكتل ورفعها حسب الطلب كما هو مبين بشكل ٨٣ (أ ، ب) ويوجد بأحد جدران الحوض منفذ ذو مجرى لاستقبال المعدن منه كما يوجد فى أسفله لوح (مؤشر عليه فى الشكل بعلامة —) متصل بكابل الى القطب السالب للينبوع الكهربائى نفسه . ويحسن تبريد هذا اللوح بعمل تجويف فى الأصابع المتدلية منه والسماح للماء البارد بالمرور فى هذا التجويف بشرط ألا يتسرب الى داخل الحوض . وتبدأ عملية الاستخلاص بخفض كتل الفحم داخل الحوض حتى تلمس اللوح المتصل بالقطب السالب

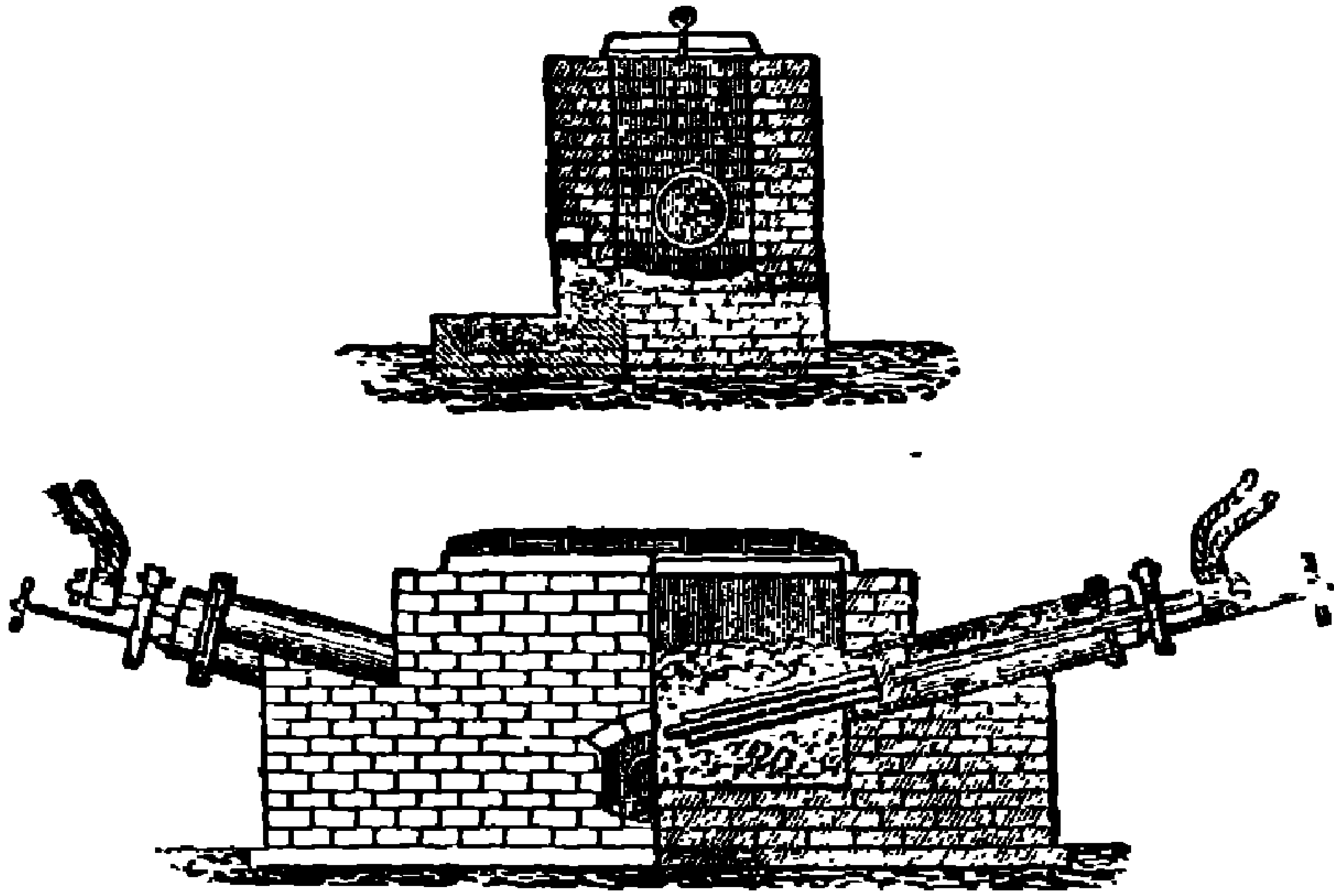


(شكل ٨٣ "أ" — فرن التحليل الكهربائى لاستخلاص الألومنيوم)

فتقفل الدائرة الكهربائية ويسرى التيار فيها وعندئذ ترفع الكتل عن اللوح مسافة قصيرة جدا تمنع التماس المباشر، فيمر قوس كهربائى قوى بين اللوح

(١) لهذا السبب تسمى هذه الأحواض احيانا افران التحليل الكهربائى .

وكل كتلة . ثم يؤتى بمسحوق الكريولايت [١] ويوضع فى الحوض فينصهر بفعل الحرارة الناتجة من مرور الأقواس الكهربائية وكلما انصهر منه جزء تضاف اليه كمية أخرى منه ومعها جزء من الألومينا النقية حتى يمتلئ الحوض تقريبا ، وفى خلال ذلك ترفع كتل الكربون تدريجيا بعيدا عن اللوح وتذوب الألومينا فى الكريولايت المنصهر مثلما تذوب كبريتات النحاس فى المـاء فيتكون محلول معدنى ، و بمرور التيار الكهربائى تتحلل الألومينا و ينفصل منها معدن الألومنيوم و يرسب فى قاع الحوض و يسحب منـه من وقت لآخر عن طريق المنفذ ذى المجرى. ويلزم الحذر خلال العملية من ارتفاع منسوب الألومنيوم المنصهر حتى لا يلامس كتل الكربون لأنه إن فعل يحدث قصرا



(شكل ٨٣ "ب" — فرن التحليل الكهربائى لاستخلاص الألومنيوم)

فى الدورة الكهربائية . كذلك يلزم مراعاة أن تكون درجة حرارة الخليط المعدنى طوال العملية من ٧٥٠° إلى ٨٥٠° مئوية .

(١) يخلط الكريولايت أحيانا ببعض أنواع الفلوريد أو الكلوريد مثل فلوريد أو كلوريد الكلسيوم .

والألومنيوم المستخلص من هـذه الطريقة يكون عرضة للاتحاد كيميائيا مع العناصر المعدنية واللامعدنية فيفسد نقاؤه، ولهذا السبب يحسن أن تعمل بطانة الحوض من الألومينا بدلا من الكربون ولو أن الأخير كثيرا ما يستخدم فى صنع هذه البطانة . وللسبب نفسه يحسن تبريد اللوح السالب بالمـاء إن أمكن حتى تبرد طبقة الألومنيوم التى تلامسه وتتجمد فتحول بينه و بين الألومنيوم المنصهر .

والبطانة — ان كانت من الألومينا — تذوب تدريجيا فى الخليط المعدنى لكن هناك حدا يقف عنده الذوبان، وذلك عند ما ترق البطانة فيزيد معدل فقد الحرارة بالتشعع لدرجة أن طبقات الخليط الملامسة للبطانة تبرد وتتجمد فتحول دون ذوبان البطانة الباقية .

وبما أن كل الفحم تتآكل تدريجيا فيلزم تغييرها بأخرى جديدة من وقت لآخر . أما الكريولايت فانه فى الواقع لايتأثر بهذه العملية ولا يتغير مقداره ، لأنه يقوم بوظيفة أداة فقط فى عملية الاستخلاص، وعلى ذلك يمكن استعماله مدة طويلة ولا يتغير الا عند ما تكثر فيه الأوسـاخ المنفصلة من الألومينا فيصبح غير صالح للاستعمال، وعندها فقط يستبدل به كريولايت آخر نظيف ورغبة فى عدم الإسراف فى الكريولايت يحسن أن تكون الألومينا المستخدمة فى هذه الطريقة نقية بقدر المستطاع .

وكمية الكربون والكهرباء المستهلكة فى هذه العملية كبيرة . ويقدر مايلزم لاسـتخلاص أوقية واحدة من الألومنيوم بنحو كيلووات فى الساعة من الكهرباء وبنحو أوقية من الكربون تتآكل من الكل .

استخدام الألومنيوم — يسـتخدم الألومنيوم فى صنع أغلب الأدوات المنزلية من أوان للطبخ والمـائدة كما يستخدم فى صنع بعض الأجهزة الدقيقة

والعدد الجراحية والأجزاء المعدنية للملابس العسكرية و بعض أجزاء الطيارات والسيارات وما شاكلها وفى صنع كثير من الزخارف المتنوعة من منزلية وخلافه.

ويستخدم بكميات كبيرة فى صناعة البويات وذلك بسحقه وعجنه بالزيت فتطلى به مواسير البخار والغلاف الخارجى لبعض السيارات وغيرها من الأشياء المعرضة للحرارة ولفعل التقلبات الجوية .

كذلك يلاحظ مما سبق ذكره فى صناعة الصلب أن إضافة كمية صغيرة من الألومنيوم الى الصلب المنصهر بعد استخراجه من الأفران تساعده على التخلص من بعض الغازات الموجودة فيه وتحول دون تأكسده. وهذا ينطبق على كثير من المعادن الأخرى فيضاف اليها الألومنيوم بعد صهرها لمنع تأكسدها وهى ساخنة .

وتستخدم أسلاك الألومنيوم كموصلات للكهرباء الا أنها و إن قلت عن النحاس فى جودة التوصيل الا أنها أخف منه وزنا فلا تحتاج الى دعائم قوية لحملها .

ويستخدم الألومنيوم الآن فى المسابك المصرية فى عمل كثير من المسبوكات الخفيفة الوزن .

سبائك الألومنيوم — يدخل الألومنيوم فى تركيب سبائك عدة أهمها ما يأتى :

(١) البرنز الألومنيومى — وتختلف نسبة الألومنيوم فيه من ١ إلى ١٠ فى المائة والنوع الذى يحتوى على ٩٠ فى المائة من النحاس و ١٠ فى المائة من الألومنيوم صلب متماسك مرن وخفيف لونه بنى ضارب للاصفرار وتعمل منه هياكل اليخوت المائية .

(٢) الماجناليوم — وهو الاسم التجارى الذى يطلق على سبيكة تحتوى على نحو ٩٠ فى المائة من الالومنيوم ومن ٢ إلى ١٠ فى المائة من المغنزيوم ثم على نسب صغيرة من معادن أخرى. وتجمع هذه السبيكة جميع مزايا الالومنيوم دون عيوبه فقوة تماسكها أعظم من الألومنيوم ويمكن خرطها بسهولة على المخارط. وتأثرها بالجو فى بعض الحالات أقل من الالومنيوم أو الزنك أو النحاس أو البرنز، وعلى ذلك حلت هذه السبيكة محل الالومنيوم فى أغراض كثيرة.

(٣) الدورالومين — ويحتوى على نحاس من ٣,٥ — ٥,٥ فى المائة و٠,٥ فى المائة مغنزيوم و ٠,٥ فى المائة مانجنيز والباقى الومنيوم. وتلك السبيكة تعتبر من أخف السبائك وأقواها حيث يبلغ ثقلها النوعى ٢,٨ وتتحمل ١٧ طنا على البوصة المربعة. وأعظم استطالة لها ١٧ فى المائة ويمكن تقسيتها كتقسية الصلب بالغمس فى الماء فيزداد جهد الشد فيها إلى ٢٦ طنا على البوصة المربعة، تصل الاستطالة الى ٢٧ فى المائة، مما يجدر ذكره أن لتلك السبيكة خاصية فذة، فبعد معالجتها الحرارية للتقسية تستكمل صلابتها المرجوة بعد مدة من الزمن قد تصل أحيانا الى يوم أو يومين. وتزداد صلابة تلك السبيكة عند إمرارها بآلات الجلخ، وقد وجد أن جهد الشد بلغ ٣٤ طنا على البوصة المربعة بعد إمرارها بآلات الجلخ، من سمك ٧ ملليمتر الى ملليمتر واحد، وتستعمل تلك السبيكة فى صنع المنشئات الخفيفة الوزن الكبيرة المقاومة، وأكبر استعمالاتها فى الوقت الحاضر فى بناء هياكل المناطيد والطائرات.

الفصل الحادى والعشرون

الكروم . المانجنيز . الانتيمون . المغنيزيوم . البلاتين

الكروم — معدن حديث ترجع معرفتنا به إلى أواخر القرن الثامن عشر ولم يتيسر للآن استخلاصه تام النقاء بكميات كبيرة تكفى لدراسة خصائصه الطبيعية دراسة وافية ، لذلك يمكننا أن نقول على وجه التقريب إنه معدن شديد الصلابة يشبه الصلب فى لونه ينصهر على ١٥٢٠° مئوية ويغلى على نحو ٢٢٠٠° مئوية إذا كانت درجة نقائه من ٩٨ إلى ٩٩٪ ويحتمل أن تزيد درجة صهره عن ٢٠٠٠° إن كان تام النقاء. لا يتأثر بالجو ولا يتأكسد حتى لو سخن إلى درجة الاحمرار فإن سخن إلى أكثر من ذلك يتأكسد ويكون أوكسيد الكروم ($كر_٢ا_٣$) . يذوب فى حامضى الكلوردريك والكبريتيك المخففين مكونا كلوريد الكروم وكبريتات الكروم على التوالى ولا يذوب فى حامض الأزوتيك .

الكروم الغفل — لا يوجد الكروم بكرا فى الطبيعة لكنه يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية ذات ألوان واضحة ولهذا السبب سمى "كروما" ومعناها باللغة اليونانية القديمة "اللون" . وأهم أنواعه الغفلة هى :

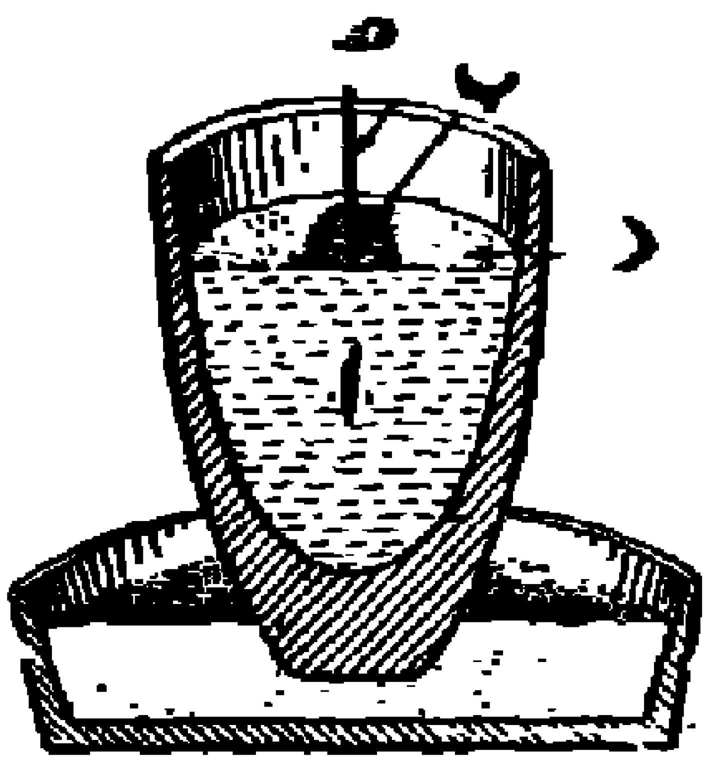
أهرة الكروم — وهى عبارة عن أوكسيد الكروم ($كر_٢ا_٣$) مختلط بمواد أرضية .

الكروميت — وتركيبه الكيميائى ح ($كر_٢ا_٢$)$_٢$ وهو أهم معدن غفل للكروم ويستخدم مباشرة فى تحضير سبائك الكروم الحديدى الآتى ذكرها بعد ، كما يستخدم فى عمل البطانات المحايدة للأفران (انظر صفحة ٤٢) .

كرومات الرصاص وكلوريد الكروم ــ وهذه توجد بكميات قليلة .

استخلاص الكروم من غفله ــ بما أن أهم أنواع الكروم الغفل هى الاوكسيدات فان المعدن يستخلص منها باختزال الأوكسيد وذلك بصهره فى بودقة أو فرن كهربائى على درجة حرارة مرتفعة جدا مع الكربون أو الألمنيوم ويستخلص المعدن أحيانا من غفله الكلوريدى بخلطه مع النوشادر وتحليل الخليط كهربائيا أو صهره مع الزنك أو المغنزيوم .

طريقة جولد شمت[1] ــ وهى أهم طريقة لاستخلاص الكروم من غفله الاوكسيدى وتتلخص فى خلط أوكسيد الكروم خلطا محكما مع مسحوق الألومنيوم ووضع الخليط فى بودقة صلصالية بحيث يملأ نحو ثلثيها كما هو مبين بالحرف "ا" فى شكل (٨٤) ثم يؤتى بخليط آخر مركب من مسحوق الألومنيوم وبيروكسيد الصوديوم أو الباريوم ويوضع فوق الخليط الأول كما هو مبين عند "ب" ويثبت فيه شريط من المغنزيوم "حـ" وتوضع فوق الخليطين طبقة "د" من مسحوق كلوريد الكلسيوم ثم توضع البودقة فى صينية من الرمل حتى إذا كسرت الأولى خلال العملية تنسكب محتوياتها فى الثانية . ويشعل الشريط "حـ" فاذا ما وصل اللهب إلى الخليط "ب" يشتعل الألومنيوم الموجود فيه بفرقعة شديدة ويلزم عندئذ الاحتياط لحماية أيدى وأوجه العمال المباشرين للعملية . والحرارة الناتجة من الاشتعال تكون شديدة جدا فتصهر

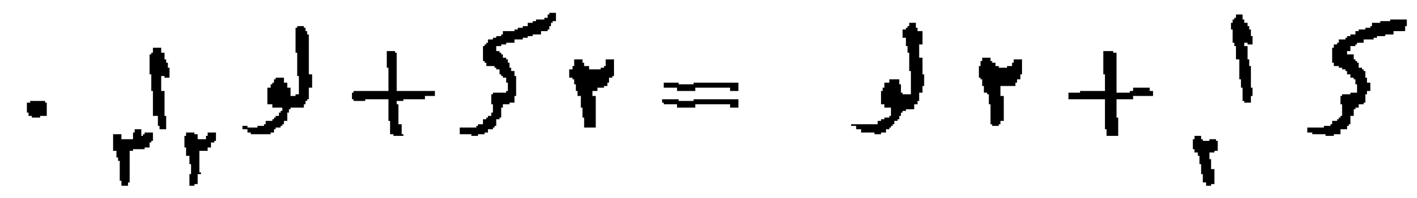


(شكل ٨٤)

---

(١) يمكن استخدام طريقة مشابهة لهذه تماما فى استخلاص المانجنيز وغيره من المعادن من غفله (انظر المانجنيز) .

الخليط "ا" فيتفاعل الألومنيوم وأوكسيد الكروم المتركب منهما ويمثل هذا التفاعل كما يأتى :



أوكسيد الكروم + الومنيوم = كروم + أوكسيد الألومنيوم .

ويرى من هذا أن نتيجة التفاعل تحول الخليط إلى أوكسيد الألومنيوم وكروم حر. وعندما تبرد البودقة يوجد الكروم فى قاعها على شكل كتلة صغيرة وماعدا ذلك يكون خبثا . وما هذا الخبث الا الومينا انصهرت أثناء العملية ثم تبلورت عند برودتها وكونت نوعا من الكورندام الصناعى يطلق عليه اسم "كريوپن" تمييزا له من الكورندام الطبيعى (انظر الالومينا فى فصل الالمنيوم) .

وهذه العملية لا تستغرق أكثر من نصف ساعة وتتولد فيها حرارة شديدة جدا تكفى لصهر أى معدن غفل مهما كان نوعه وفى بعض دقائق تصل درجة الحرارة إلى ٣٠٠٠° مئوية وهذه تعادل درجة حرارة القوس الكهربائى ، وعلى ذلك تعتبر هذه الطريقة أحسن وأسرع وأرخص من طريقة الاختزال بالفرن الكهربائى .

استخدام الكروم — لا يستخدم الكروم بمفرده كمعدن مستقل فى الأعمال الصناعية أو الزخرفية إنما يدخل فقط فى تركيب بعض السبائك المعدنية وأهمها سبيكة الكروم الحديدى التى تحتوى على نحو ٦٠ فى المائة من الكروم و ٢ فى المائة من الكربون والباقى من الحديد . وتحضر هذه السبيكة بصهر الكروميت فى أفران كهربائية وتستخدم فى صنع بعض أنواع صلب السبائك السابق شرحها فى الفصل الثانى عشر . ووجود الكروم فى الصلب يزيد فى صلابته وكثافته وتماسكه ومرونته ومقاومته للثنى والالتواء .

بعض مركبات الكروم — وأهمها كرومات البوتاسيوم وكرومات الصوديوم وتستخدم كمادة ملونة فى صنع البويات مثل الكروم الأصفر والكروم الأحمر الخ ... كذلك تستخدم فى دباغة بعض أنواع الجلود وصنع النعل الكرومى المشهور ذى اللون الأبيض الضارب للخضرة .

المانجنيز — يحتمل أن هذا المعدن أو بعض مركباته كانت معروفة لدى قدماء المصريين والرومان وأنهم كانوا يستخدمونها فى تبييض الزجاج إذ أثبت التحليل الكيميائى أن زجاجهم كان يحتوى على نحو ٢ فى المائة من أوكسيد المانجنيز .

ويرجع الفضل فى استخلاص هذا المعدن من مركباته فى العصور الحديثة إلى مجهودات "برجمن" و"ج . ف . جون" .

والمانجنيز معدن هش شديد الصلابة قابل للصقل لونه سنجابى تترقرق فيه حمرة خفيفة ينصهر على ١٢٢٥° مئوية ويغلى على ١٩٠٠° مئوية تقريبا ثم يتباخر فى الفرن الكهربائى . يتأكسد سطحيا إذا عرض لجو عادى ويتفاعل مع الماء إذا وضع فيه فيحلله إلى عناصره . يتحد بسهولة مع الكربون والسليكون ويذوب بسرعة فى الأحماض ، شديد الشراهة للأوكسجين ، ويكوّن معه بضع أوكسيدات تبلغ الستة عدا . وهو أشد شراهة للأوكسجين من الأيدروجين أو أول أوكسيد الكربون ، فان سخنت أكاسيد هذا المعدن فى جو حافل بهذين الغازين فلا يختزل بل يتحول إلى أول أوكسيد المانجنيز فقط . والواقع أن أوكسيدات المانجنيز لا تختزل إلا إذا سخنت مع الكربون فيتحد الأخير مع أوكسجينها ويترك المعدن حرا .

المانجنيز الغفل — لا يوجد المانجنيز بكرا فى الطبيعة على الإطلاق إنما يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية عدة أهمها ما يأتى .

(١) الأوكسيدات — وتشمل البايرو ليوزايت (م ا$_{٢}$) والبرونايت (م$_{٢}$ا$_{٣}$) والهوسمانيت (م$_{٣}$ا$_{٤}$) والمانجانايت (م$_{٢}$ا$_{٣}$. يد$_{٢}$ا) .

(٢) الكربونات (م ك ا$_{٣}$) — وتوجد غالبا مختلطة بغفل الحديد الكربونى .

(٣) بلند المانجنيز (م كب) — ويوجد بكميات قليلة نسبيا .

(٤) سليكات المانجنيز (م س ا$_{٣}$)) — و توجد بكميات قليلة نسبيا .

ويوجد المانجنيز الغفل بكثرة فى روسيا حيث تصل نسبة المانجنيز فى أجود أنواعه إلى نحو ٥٠ ٪ كذلك يوجد فى كثير من ممالك العالم، وقد اكتشفت مناجمه من عهد غير بعيد فى البلاد المصرية و يستخرج منها الآن كميات لابأس بها على هيئة مانجنيز حديدى،وأهم المناطق التى يستخرج منها هى أبو زنيمة وأم بوجما الواقعتين على ساحل البحر الأحمر .

استخلاص المانجنيز من غفله — الطريقة القديمة لاستخلاص المعدن من غفله هى بتسخين أوكسيده مختلطا بالكربون فيختزل الأوكسيد و يترك المانجنيز حرا . ويستخلص المعدن أيضا باختزال كلوريد المانجنيز بعد خلطه بكلوريد البوتاسيوم و تسخين الخليط فى بودقة مع المغنزيوم أو الصوديوم لكن أحسن طريقة لاستخلاصه هى خلط ثانى أوكسيد المانجنيز الجاف بمسحوق ناعم من الألومنيوم ووضع الخليط فى بودقة و إلهابه بواسطة شريط من المغنزيوم فيتحول الخليط إلى الومنيا وما نجنيز حر[١]

(١) هذه الطريقة مبنية على طريقة جولدشمت المشروحة تفصيليا (فى الكروم) .

استخدام المـانجنيز — لا يستخدم المـانجنيز بمفرده كمعدن مستقل في الأعمال الصناعية أو الزخرفية لكنه يختلط بغيره في صنع السبائك أو المركبات المـانجنيزية . وأهم السبائك هي :

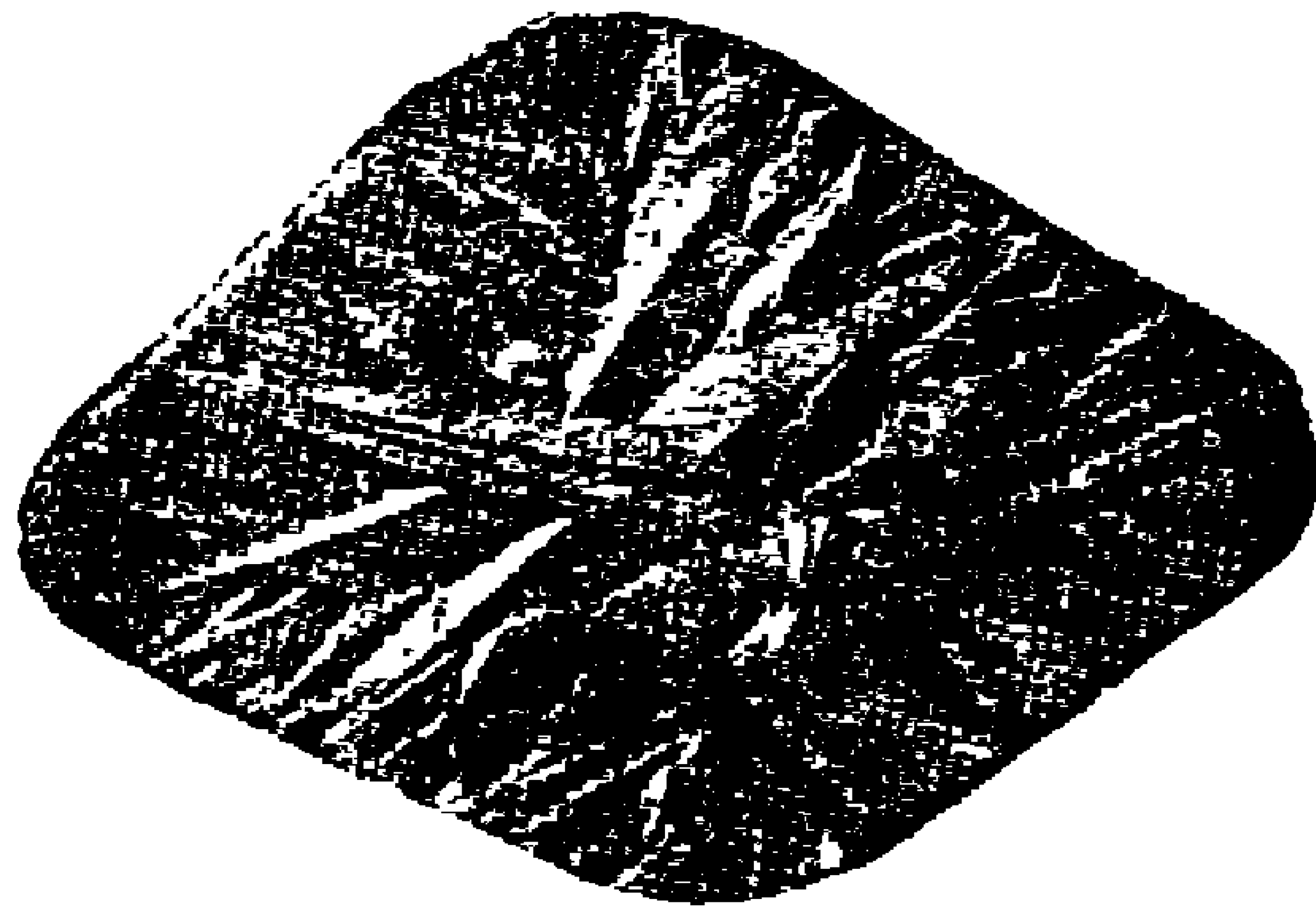
الصلب المـانجنيزى — هو شديد الصلابة و يستخدم فى صنع الخزن الحديدية المضمونة ضد سطو اللصوص وفى صنع الأجزاء الساحقة لطواحين المعادن الغفلة وما شابهها .

البرنز المـانجنيزى — ويحتوى على ٣ فى المـائة من المـانجنيز و يستخدم فى عمل ريش رفاصات البواخر لشدة مقاومته للثنى والالتواء ولقلة تآكله بفعل المياه المـالحة .

النحاس المـانجنيزى — وهو سبيكة من النحاس والمـانجنيز يحصل عليها باختزال أكاسيد هـذين المعدنين بوضعهما فى بودقة من الجرافيت فى فرن عاكس . وأهم المركبات المـانجنيزية هو المـانجنيز الحديدى والاسبيجل وكلاهما يستخدم بكثرة فىصناعة الصلب حيث يضافان إليه عند استخراجه من أفرانه كما سبق شرح ذلك تفصيليا فى فصل الصلب .

الأنتيمون — لم يعرف الأنتيمون إلا فى أواخر القرن الرابع عشر حيث أمكن حينئذ تحضيره من مركباته ودراسة بعض خصائصه. وما كاد ينتهى القرن الثامن عشر حتى كان الأنتيمون قد استوفى دراسة وتمحيصا أكثر من أى عنصر آخر . ومع ذلك فبعض مركبات الأنتيمون كانت معروفة من قديم الزمان لا سيما كبريتيد الأنتيمون المعروف عند المعدنين باسم "استيبنايت" فهذا المركب عرفه العرب وأسموه "حجر الكحل" واستخدموه اثمدا أى كحلا يكتحلون به للزينة أو للعلاج وقد ورد ذكره فى كتب جابر بن حيان الكيميائى العربى الشهير .

والأنتيمون يشترك مع المعادن فى أغلب خصائصه و يشبه اللامعادن فى رداءة توصيله للحرارة والكهرباء وفى بعض الخصائص الأخرى فهو والزرنيخ سواء فى ذلك و يطلق عليهما اسم " أشباه المعادن " (انظر صفحة ٤ من الفصل الأول) . لونه أبيض ضارب للزرقة (فضى). ذو لمعة معدنية شديدة وتركيب متبلور . هش جدا ويمكن سحقه بسهولة تامة . ينصهر على ٤٥٠° مئوية و يتباخر ببطء فى درجات الحرارة البيضاء و اذا ترك ليبرد ببطء فى بودقة فان الأجزاء الملامسة لجدران البودقة تجمد طبيعيا قبل الأجزاء الموجودة فى وسطها فإن أزيلت الأخيرة يرى أن الأنتيمون قد جمد على جوانب البودقة على شكل طبقة متبلورة ذات رسوم واضحة شبيهة بأوراق شجرة الخنشار (Fern Tree) كما هو مبين بشكل (٨٥) .



(شكل ٨٥)

ومن أهم خصائص الأنتيمون أنه يتمدد قليلا عند تجمده ويخلع هذه الخاصية على سبائكه فيجعلها صالحة لعمل المسبوكات المحدودة الأركان .

الأنتيمون الغفل — يوجد الأنتيمون بكرا بكميات قليلة فى بورنيو وبعض الجهات الأخرى ويكون فى الغالب مصحوبا بالزرنيخ . و يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية أهمها :

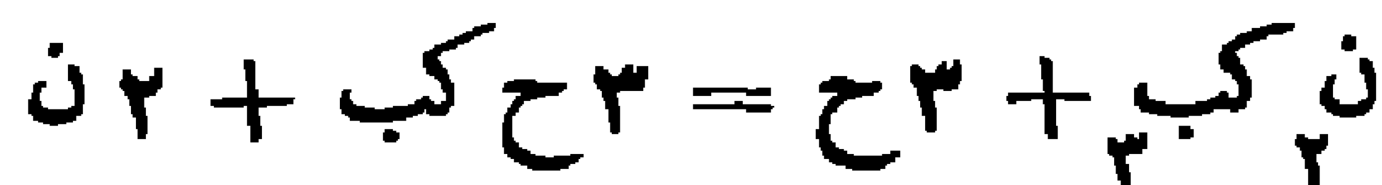
زهرة الأنتيمون — وهى أوكسيد تركيبه الكيميائى ($ن_{٢}ا_{٣}$) .

أهرة الأنتيمون — وهى أوكسيد تركيبه الكيميائى ($ن_{٢}ا_{٤}$) .

الاستيبنايت — ويعرف عند العرب باسم حجر الكحل وهو أهم الأنواع ويوجد فى الغالب بحالة نقية. لونه سنجابى ضارب للسواد وتركيبه الكيميائى ($ن_{٢}كب_{٣}$) أى كبريتيد الأنتيمون .

بِلِنْد الأنتيمون أو الأنتيمون الأحمر — وتركيبه الكيميائى ($ن_{٢}كب_{٢}ا$) أى أنه مركب من أنتيمون وكبريت وأوكسجين .

استخلاص الأنتيمون — يستخلص الأنتيمون غالبا من الاستيبنايت النقى (كبريتيد الأنتيمون) وذلك بسحق هـذا الغفل وصهره مع خردة الحديد فى بوادق من الجرافيت فيتحد الحديد مع الكبريت مكونا خبثا يطفو على سطح الأنتيمون الحر المنصهر .



كبريتيد الأنتيمون + حديد = كبريتيد الحديد + أنتيمون

بعد ذلك يكرر الأنتيمون النـاتج لإزالة الحديد الزائد منه فيعاد صهره مع كمية أخرى من كبريتيد الأنتيمون ومادة مساعدة للصهر فيزول الحديد منه وقد يستدعى الأمر أحيانا إعادة عملية التكرير دفعتين أو ثلاثا .

استخدام الأنتيمون — يسـتخدم الأنتيمون على الأخص فى السبائك المعدنية المطلوب تحويلها الى مسبوكات محـدودة الأركان ، وذلك لمـا له من خاصية التمدد عند تجمده . وأهم السبائك التى يدخل فى تركيبها هى سبائك حروف الطباعة ومعدن بريطانيا الخ . السابق شرحها فى الفصول المـاضية .

المغنزيوم — فى سنة ١٦٩٥ وجد فى بلد " أبسن " بانجلترا ينبوع ميـاه معدنية لوحظ أن له خصائص طبية فاطلق على الأملاح المستخرجة من تلك الينابيع اسم ملح " ابسن " وهو الملح الانجليزى المشهور . وهذا أول عهد الناس بمعرفة المغنزيوم .

ولا يوجد هذا المعدن فى الطبيعة بكرا ، بل يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية أهمها :

المغنيزايت أو كربونات المغنزيوم (ما ك $ا_{٣}$) .

الدولوميت أو كربونات المغنزيوم والكالسيوم .

الملح الانجليزى أو كبريتات المغنزيوم (ما كب $ا_{٤}$ ٧ $يد_{٢}$ ا) .

الكيسيرايت (ما كب $ا_{٤}$ $يد_{٢}$ ا) .

كذلك الكارناليت والكاينيت وهما كلوريد المغنزيوم وسليكات المغنزيوم وغير ذلك .

استخلاص المعدن — يستخلص المعـدن بطريقة الترسيب الكهربائى اما من محلول كلوريد المغنزيوم وإما من مخلوط من هـذا المحلول مع كلوريد البوتاسيوم ، كذلك يستخلص بتسخين كلوريد المغنزيوم مع الصوديوم . وكلا الطريقتين تستعمل بكثرة لاستخلاص المغنزيوم التجارى .

والمغنزيوم معدن ذو لون أبيض فضى لامع يشتعل فى الهواء الجوى بلهب يخطف الأبصار يتأثر ببطء فى الهواء الرطب ويتحول الى أوكسيده . يحلل المـاء المغلى ببطء ويشتعل اذا مر عليه بخار المـاء . ينصهر على درجة ٨٠٠° مئوية ويغلى على ١١٢٠° مئوية . يتأثر بأحماض الكلوردريك والكبريتيك والأزوتيك .

البلاتين — يوجد فى الطبيعة كمعدن بكر مختلطا مع بعض المعادن البلاتينية وأهمها — ايريديوم — أوسميوم . بلاديوم . روديوم . روثينوم . ويوجد فى قاع الأنهر الجارية أو الجافة مختلطا بالرمال والماجنتيت والذهب وبعض أملاح الكروم .

ويوجد فى جبال الأورال بالروسيا وكلفورنيا وسومطره والحبشة والبرازيل واستراليا وجنوب أمريكا . ويبلغ ما يعدن منه نحو ٦,٥ طن سنويا .

لونه أقل بياضا من الفضة ضارب الى الرمادى ، أقل لمعانا من الفضة ، ومسحوقه أسود اللون ، أصلب من النحاس والفضة والذهب بل وأشد صلابة من البرنز الفسفورى ، قابل للطرق والسحب إن كان نقيا ، فان اختلط بالمعادن الأخرى قلت تلك القابلية فيه حتى أنه يصبح صلبا هشا إن اختلط به ٠,٣ ٪ من السليكون .

يبلغ ثقله النوعى ٢١,٥ تقريبا ، ينصهر على درجة ١٧٧٠° مئوية ، لا يتأثر بالهواء الجاف أو الرطب ، يمتص الأوكسجين كالفضة ثم ينبذها ، والغريب أن رقائق البلاتين قد تمتص من الاكسجين حول ٨٠ مرة من حجمها فى درجات الحرارة المعتدلة ، ومن الايدروجين ٨٠ — ٢٠٠ مرة من حجمها فى ظروف خاصة ، من ذلك اذا سخن لدرجة ١٨٠° مئوية فانه يمتص من الاكسجين والايدروجين كميات تتحد بعضها مع بعض وتحدث فرقعة .

لا يتأثر بالأحماض الثلاث (الكلوردريك والكبريتيك والأزوتيك) يذوب فى الماء الملكى مكونا كلوريد البلاتين (بلاكل) . تذوب سبائكه مع النحاس والزنك والرصاص فى حامض النتريك مكونة نترات البلاتين .

طرائق استخلاصه — يعالج المعدن البكر بطريقة تشبه المستعملة فى الذهب ، فتغسل الرمال المحتوية عليه وترسب ثم تضاف اليها كمية من الزئبق ليتملغم الذهب المختلط به وتتخلف حبوب البلاتين مختلطة مع بعض المعادن البلاتينية الأخرى . ويمكن فصلها بالتسخين مع الرصاص إلا أن الطريقة التجارية المستعملة هى الطريقة الرطبة .

الطريقة الرطبة — أوجدها ولاستون سنة ١٨٠٨ ، وتتلخص فى تسخين البلاتين المتخلف بعد ملغمة الذهب فى الماء الملكى لمدة من الزمن حتى تذوب معظم المعادن البلاتينية عدا الرمل ، ويبلغ مقدار الماء الملكى المستعمل من ١٢ — ١٥ مرة من حجم المخلفات ، ومتى تم إذابة تلك المعادن يسخن المحلول حتى يتخلص من حامضه الزائد عن حاجته بالتباخر ثم يخفف بالماء ويرشح ويعالج بمحلول كلوريد النشادر والبلاتين ، فيغسل ذلك الملح ، ثم يجفف ويسخن لدرجة الحرارة القاتمة حتى يتخلص من كلوريد النشادر والكلور ويتبقى البلاتين على هيئة إسفنجية يكسر بعدها بدعكه على جسم صلب ويخل الى مسحوق ناعم . ثم يعالج ذلك المسحوق بالماء ليكون عجينة تضغط جيدا على شكل أقراص . ثم تسخن تلك الأقراص لدرجة الحرارة الحمراء وتطرق بالمطارق وتعالج مرارا بالتسخين والطرق والإمرار بآلات الجلخ حتى تتحول إلى جسم معدنى .

ويحتوى البلاتين المستخلص بهذه الطريقة على نحو ٢ ٪ من معدن الايريديوم المرسب معه والذى يفصل عنه بعملية ثانية لتكرير البلاتين ، وخوفا من تخلف بعض البلاتين بعد عملية الترسيب فى المحلول يعالج الأخير مرة أخرى بإضافة الحديد اليه ثم يغسل الراسب فى حامض الكلوردريك ويذاب فى الماء الملكى .

وقد تصهر العجينة الإسفنجية السابقة فى أفران من الجير تحت تأثير لهب الأوكسجين والايدروجين ، ويمكن أن يستبدل غاز الايدروجين بغاز الإستصباح وتعتبر تلك الطريقة مهمة فى تكرير البلاتين وتنقيته إذ بها يتأكسد الحديد والنحاس وسرعان ما يمتصهما الجير ، كذلك يتطاير معدن الاوسميوم على شكل أوكسيد . وقد أمكن (لدفل وديراى) استخلاص البلاتين رأسا من معدنه البكر فى أفران عاكسة صغيرة مبنية بالطوب ومبطنة بالطين الخزفى وتتكون شحنتها من وزنين متساويين من الجالينا والبلاتين البكر .

سبائك البلاتين — تعمل سبائك متعددة من هذا المعدن وبعض المعادن الأخرى ، منها سبيكة البلاتين والنحاس (١٨,٧٥ بلاتين و ٨١,٢٥ نحاس وتشابه فى اللون والصقل ذهبا عياره ١٨ قيراطا وتستعمل حليا وفى العدادات الحسابية والكرونومترات .

سبيكة النيكل والبلاتين (وزنين متساويين) لونها أصفر ضارب للبياض لدنة .

سبيكة البلاتين والحديد (من ٢ إلى ٣ ٪ بلاتين) لونها فضى لامع تستخدم بكثرة فى عمل السكاكين إن استعمل فيها الصلب بدلا من الحديد وهى احدى أنواع الصلب الذى لا يصدأ .

كذلك يمكن عمل سبائك أخرى من البلاتين بخلطه مع الزنك أو الرصاص أو القصدير أو البزموت أو الزرنيخ .

الفصل الثانى والعشرون

السبائك

كثير من المعادن المهمة تستخدم فى الأغراض الصناعية على هيئة سبائك معدنية، لذلك نورد هنا بيانا موجزا عن معنى السبائك المعدنية وخصائصها العامة ، وكذلك طرائق تركيبها ومزاياها . أما السبائك نفسها ونسب تركيبها والأسماء التى تطلق عليها فى الصناعة والتجارة فقد أدمجناها فى الفصول الخاصة بالمعادن نفسها وذكرنا فى نهاية كل معدن السبائك التى تصنع منه .

ويطلق لفظ السبيكة المعدنية عادة على كل خليط معدنى مركب من عنصرين أو أكثر . وتُخلَط المعادن بعضها ببعض لتعديل خصائصها الطبيعية أو الكيميائية وجعلها صالحة للإستخدام فى أغراض معينة. وتعديل خصائص المعدن يكون عادة للأغراض الآتية :

(١) زيادة صلابتها (أى نشوفتها) .

(٢) زيادة قوة تماسكها و إستطالتها ومرونتها ومقاومتها للثنى والالتواء.

(٣) زيادة قابليتها للإنصهار اى جعلها تنصهر على درجة حرارة منخفضة.

(٤) تعديل لونها أو بنائها الداخلى .

(٥) زيادة مقاومتها للتلف أو التآكل بفعل العوامل الجوية أو السوائل أو غير ذلك .

(٦) إحداث صوت رنان فيها .

(٧) عمل مسبوكات سليمة متجانسة منها يسهل تشكيلها على الآلات .

فتزاد صلابة الذهب عند سكه نقودا أو عند إستخدامه فى أغراض أخرى بإضافة النحاس والفضة إليه، وأحيانا بإضافة الزنك، وبعض المعادن الأخرى، كذلك تزاد صلابة الفضة بإضافة النحاس إليها أو بعض المعادن الأخرى .

وتزاد صلابة النحاس باضافة الزنك اليه وتصير مسبوكاته عندئذ أكثر تجانسا وسلامة وأقل عيوبا .

وتزاد قوة تماسك النحاس بإضافة القصدير اليه وذلك عند صبه على شكل مسبوكات، كذلك تزاد مرونته وقوة تماسكه واستطالته بإضافة النيكل اليه لكن ان كبرت كمية القصدير المضافة الى النحاس فان السبيكة الناتجة تكون هشة، لذلك وجب أن يضاف القصدير بكميات معتدلة فى سبائك النحاس المعرضة للطرق أو التى تشكل بالتطريق .

أما زيادة قابلية المعدن للإنصهار فهذه تكاد تكون خاصية مشتركة فى جميع السبائك، إذ أن درجة حرارة انصهار السبائك تقل فى الغالب عن درجة الانصهار المتوسطة للمعادن الداخلة فى تركيبها، وكثيرا ما تكون أقل من درجة انصهار أكثر مركباتها قابلية للانصهار . مثال ذلك السبيكة المركبة من جزءين من البوتاسيوم وجزء من الصوديوم تنصهر على درجة الحرارة العادية (أى حرارة الجو) وتبقى سائلة فى هذه الدرجة ورجراجة كالزئبق حالة ان درجات انصهار مركباتها هى ٩٩٫٦° مئوية للصوديوم ، ٦٢٫٥° مئوية للبوتاسيوم . كذلك السبيكة المكونة من جزء من الرصاص وجزء من القصدير وجزءين من البزموت تنصهر فى الماء المغلى بينما درجات انصهار مركباتها هى ٢٣٠° مئوية للرصاص ، ٢٦٥° مئوية للبزموت .

أما من حيث تعديل اللون فأهم مثال تقدمه لذلك إضافة الزنك الى النحاس، فانه يحول لونه من الاحمرار الى الاصفرار بدرجات متفاوتة تختلف باختلاف كمية الزنك المضافة . كذلك إضافة الزنك والألومنيوم الى النحاس يحوله الى سبائك تشبه فى لونها الذهب ، ولذلك يطلق عليها " اسم الذهب المزيف" أو "الذهب التقليدى". و إضافة النيكل والزنك الى النحاس يحوله الى سبائك تعرف باسم " سبائك الفضة النيكلية " لمشابهة لونها للفضة . والجدول الآتى يبين بعض المعادن حسب درجة تأثيرها فى لون السبائك التى تدخل فى تركيبها بحيث أن السابق منها فى الجدول يكون أثره فى تكوين اللون أكثر مما يليه :

(١) القصدير.	(٧) الزنك .
(٢) النيكل .	(٨) الرصاص .
(٣) الالومنيوم .	(٩) البلاتين .
(٤) المانجنيز.	(١٠) الفضة .
(٥) الحديد .	(١١) الذهب .
(٦) النحاس .	

فالسبيكة المركبة من جزء واحد من القصدير وجزءين من النحاس لونها أبيض بينما يستلزم الحال إضافة جزءين من الزنك الى جزء واحد من النحاس لتحويل لونه الى البياض .

أما زيادة المقاومة والتآكل فنجدها فى سبائك النحاس مع الفوسفور أو مع السليكون إذ فضلا عن المزايا العدة التى يكسبها هذان العنصران لسبائك النحاس التى يدخلان فى تركيبها فانهما يجعلان هذه السبائك شديدة المقاومة للتلف والتآكل، وذلك لأن كلا من هذين العنصرين عامل مختزل للأوكسجين فيقى

السبائك النحاسية التى يدخل فى تركيبها من فعل الأوكسجين المتلف . وقد لوحظ عند تحليل بعض السبائك النحاسية المحتوية أصلا على الفوسفور أن هذا العنصر قد تلاشى منها أو كاد . كذلك يكتسب الصلب خاصية المقاومة للتآكل بفعل الأوكسجين اذا أضيفت اليه كميات من النحاس والنيكل والكروم أو كمية من البلاتين وحده فيحافظ على بريقه المعدنى كما بينا ذلك تفصيليا فى فصل الأنواع المستحدثة من الصلب .

أما إحداث الصوت الرنان فى المعادن فظاهر من إضافة القصدير الى النحاس فى صنع الأجراس المختلفة المألوفة لنا .

أما الحصول على مسبوكات سليمة متجانسة بواسطة السبائك فقد يكون ذلك بسبب أن أحد المركبات عامل مختزل للاوكسجين كما هو الحال فى عمل مسبوكات الصلب إذ يضاف الى الصلب المنصهر قليل من الالومنيوم عند صبه للسبك فيق المسبوكات من التأكسد وهى ساخنة وبذلك تخرج المسبوكات خالية من العيوب . كذلك إضافة الزنك الى النحاس يجعل مسبوكاته أكثر تجانسا وسلامة وأقل عيوبا كما ذكرنا فى أوائل هذا الفصل.

ويحصل عادة على السبائك المعدنية بإحدى طريقتين :

(١) تمزج العناصر بعضها ببعض وهى باردة ثم تصهر معا وذلك إن كانت درجات انصهارها متقاربة مثل سبيكة اللحام المكونة من القصدير والرصاص .

(٢) يصهر كل عنصر على حدة ثم تمزج العناصر بعضها ببعض وهى منصهرة إن كانت درجات انصهارها متباعدة كما هو الحال فى سبائك النحاس والقصدير اذ يحسن صنعها بهذه الطريقة ولو ان هذا غير متبع فى المصانع والورش المصرية .

الفصل الثالث والعشرون

اللحام

اللحام — معناه وصل قطعتين من معدن واحد أو من معدنين مختلفين بحيث تلتحم إحداهما بالأخرى وتكونان كتلة واحدة متماسكة . ويمكن بالتقريب تقسيم المعادن بالنسبة إلى قابليتها للحام إلى قسمين :

(الأول) معادن تتحول إلى عجينة قبل انصهارها ، (الثانى) معادن تنصهر دون أن تتحول إلى عجينة . وعلى هذا الاعتبار اختلفت طرائق اللحام تبعا لنوع المعدن إن كان من القسم الأول أم من القسم الثانى .

فالمعادن التى من القسم الأول يمكن لحامها بسهولة إذا سخنت إلى درجة حرارة اللحام المناسبة لها (وهى قريبة من درجة الانصهار) وعندها تصير هذه المعادن على شكل عجينة ثم تسلط عليها طرقات مناسبة لحجم القطعتين المطلوب لحامهما فتلتحمان . ويراعى أن يكون التسخين والطرق مقصورين على الأجزاء التى سيحصل فيها اللحام من القطعتين وهى الأطراف غالبا . والمعادن التى يمكن لحامها بهذه الطريقة تنعت بالمعادن ذات اللحام الذاتى كالحديد وبعض أنواع الصلب الطرى . والتسخين إلى درجة حرارة اللحام يعرف عند الحدادين فى مصر بالغليّة . والحديد عند تسخينه إلى هذه الدرجة يصير لونه أبيضا ناصعا وإذا عرض عندئذ للهواء يصدر عنه صوت أشبه بالأزيز ويخرج منه شرر قليل لامع . وإذا سخن إلى درجة أعلى من هذه فإنه يتأكسد ويخرج منه شرر متوهج . أما الصلب الطرى فان لونه يصبح رماديا ضاربا للبياض عند درجة اللحام .

أما المعادن التى تتحول من التجمد إلى السيولة كالزهر وكذلك المعادن التى تتفتت قبـل انصهارها كصلب العدد القاطعة وصلب الهواء فانه من الصعب لحامها بالطريقة السابقة ولهذه الأسباب تستخدم طرائق أخرى سنبينها فيما بعد .

ولمـا كان للحديد وأنواع الصلب الطرى القـابلة للحام أهميتها فى عالم الصناعة فسنبدأ بشرح الطرق المستخدمة عند الحدادين فى لحام هـذه الأنواع :

طريقة اللحام على الكير — هـذه الطريقة بسيطة جدا لكن يلزم العناية الشديدة بأدائها . فالنار يلزم أن تكون نقية (أى خالية من الدخان والخبث على قدر الإمكان) كذلك يلزم أن يكون عمقها كاف لأن تدفن فيهـا القطعتان المطلوب لحامهما ، لأنها إن لم تكن كذلك فان القطعتين لا يمكن تسخينهما تسخينا كافيا وتكونان معرضتين لتكون قشرة من الأوكسيد عليهما فلا يمكن لحامهما قط مهما طرق عليهما . كذلك ان زادت حرارة النار عن اللازم فان القطعتين تحترقان وتصيران عديمتى الفائدة لأن القطع المحترقة لا يمكن لحامها . ويلزم أن يكون كل شيء على قدم الإستعداد خلال عملية اللحام ، فالسندال يلزم أن يكون نظيفا ولا يعترض الوصول اليه أى عائق . كذلك يلزم أن توضع الجواكيش والمرزبّات فى موضع ملائم وأن تمسك المشغولات باحكام . ويلزم أن يسخن المعـدن ببطء فى بادئ الأمر حتى تصير درجة حرارته منتظمة فى كل الجزء المسخن ثم يزاد تيـار الهواء الوارد اليه حتى ترتفع حرارته إلى درجة اللحام، بعد ذلك يرفع المعدن من النار ويزال منه الأوكسيد بمعالجته بمساعد صهر ثم يعاد إلى النـار حتى إذا ما وصل إلى درجة اللحام فان العمل يلزم أن يؤدى بسرعة فيقفل الهواء ويرفع المعدن من

النار ويضرب على حرف الكير أو ربان السندال لإزالة ما يكون قد علق به من القاذورات ثم يوضع على السندال ويطرق عليه بسرعة حتى تلتحم الأجزاء المطلوب لحامها ثم انه بعد الطرقة الأولى التى تحدث اللحام يلزم طرق الأجزاء الرفيعة حتى يكتمل اللحام لأن الأجزاء الرفيعة تفقد حرارتها بسرعة أكثر من الأجزاء السميكة . واذا لم تلتحم القطعتان بعد الطرقتين الأولى والثانية فانه يلزم الكف عن الطرق لأن زيادة الطرق تغير شكل القطع الملحومة . والقطعتان إن كانتا فى درجة حرارة مناسبة وخاليتين من الأقذار والقشرة فانهما تلتحمان بمجرد ملامسة إحداهما للأخرى . ويلزم الحذر من تكون تجاويف أو جيوب فى قطع المعدن المطلوب لحامها لأن هذه الجيوب تخزن الهواء فتمنع اللحام .

ولقد جرت العادة أن تكبس القطع المطلوب لحامها فى مواضع اللحام حتى يكون هناك سمك كاف للسحب الذى لابد منه أثناء عملية اللحام وللطرق الذى يعقب ذلك . والغرض من الطرق الذى يعقب اللحام الوصول الى انتظام ألياف القطع الملحومة والتخلص من التبلور الذى يحدث فى المعدن من جراء تسخينه الى درجة عالية وهذا لا يتم إلا بطرق المعدن عند وصلة اللحام حينما يبرد إلى درجة الاحمرار القاتمة . ويترتب على العناية بعملية الطرق هذه أن تصير قوة الوصلة كقوة المعدن الأصلى .

طريقة اللحام بالوقود السائل — من أحدث الطرق المستخدمة فى اللحام طريقة الفرن الذى وقوده الزيت فالنار المتولدة فى هذا الفرن أحسن كثيرا من نار الفحم المتولدة فى الأكوار . ومزايا هذه الطريقة هى :

(١) انتظام الحرارة فى فرن الزيت أكثر مما لو استعمل أى وقود آخر .

(٢) إمكان تنظيم الحرارة للدرجة الملائمة للمعدن المطلوب لحامه .

(٣) الوفر فى التكاليف حيث يمكن استعمال أرخص أنواع الزيوت

وفى هـذه الطريقة يرد الزيت إلى الفرن تحت تأثير هواء مضغوط فيمر برشاش يقذفه داخل الفرن على شكل رشاش فيتحد مع الهواء الموجود فى الفرن ويلتهب فى الحال . ويعمل الفرن من غرفتين إحداهما لإحراق الوقود والثانية يوضع فيها المعدن المطلوب لحامه . وهذا الترتيب يمنع اللهب من ملامسة المشغولات فيقل ميلها للتأكسد، وعلى ذلك يستغنى عن مساعد الصهر فيها. وهذه الطريقة سهلة وسريعة ، وقد وجد فى حالة من الحالات أنها أسرع أربع مرات من الكير العادى .

مساعدات الصهر — كلما كانت درجة الحرارة التى يسخن اليها الحديد أو الصلب أعلى سهل اتحادهما بالأوكسيجين وتكون القشرة فيهما . والقشرة تمنع اللحام سواء أتكونت أثناء وجود قطع المعدن فى النار أم بعد سحبها ووضعها بعضها فوق بعض للحام . وعند درجة اللحام تتكون القشرة بسهولة، لذلك يحسن استعمال مساعد صهر ليمنع تكونها أو ليذيبها فاذا كانت قطعتا المعدن المطلوب لحامهما مختلفتى التركيب فانه يلزم استعمال مساعد صهر يمنع القطعة التى تصل أولا إلى درجة اللحام من التأكسد وتكون قشرة فيها . ومساعد الصهر يذوب ويغطى الأجزاء التى ستلتحم فيمنع تكون القشرة فيها كما أنه يذيب القشرة التى تكون قد تكونت من قبل فاذا وضعت القطعتان إحداهما فوق الأخرى وطرقتا فان مساعد الصهر ينضغط من بينهما وتلتحمان.

ومساعدات الصهر الشائعة الاستعمال فى اللحام هى :

الرمل . البوراكس (ويعرف عند الصناع باسم التنكار) . البوتاس .

الصودا . خليط من البوراكس ومادة أخرى كملح النشادر مثلا .

الرمل الممزوج بالنشادر والطفل الأحمر المجفف .

وأحسن أنواع مساعدات الصهر هو البوراكس الممزوج بالنشادر بصرف النظر عن غلو ثمنه . ولا يستعمل إلّا فى لحام أنواع الصلب القيّمة والتى لا يمكن تسخينها لدرجة حرارة مرتفعة. وأغلب مساعدات الصهر التى تباع كمركبات خصوصية لابد أن تحتوى على البوراكس . والرمل مساعد صهر جيد للحديد لكنه قليل الفائدة فى لحام الصلب، وهو يتحد مع أوكسيد الحديد فيكون سليكات قابلة للصهر . وباستعمال مساعد الصهر تذوب القشرة على درجة حرارة منخفضة. أما اذا لم يستعمل مساعد صهر فان القشرة لاتذوب الّا على درجة حرارة أعلى من الأولى . وهذه الدرجة يمكن الوصول اليها بسهولة فى لحام بعض أنواح الحديد ، وعلى ذلك يمكن أحيانا الإستغناء عن مساعد الصهر ، لكن فى لحام صلب الأقلام وصلب الآلات فان درجة الحرارة التى تذيب القشرة تكون مرتفعة جدا لدرجة أنها تحرق الصلب لذلك كان من المحتم استعمال مساعد صهر فى لحام هذه الأنواع من الصلب .

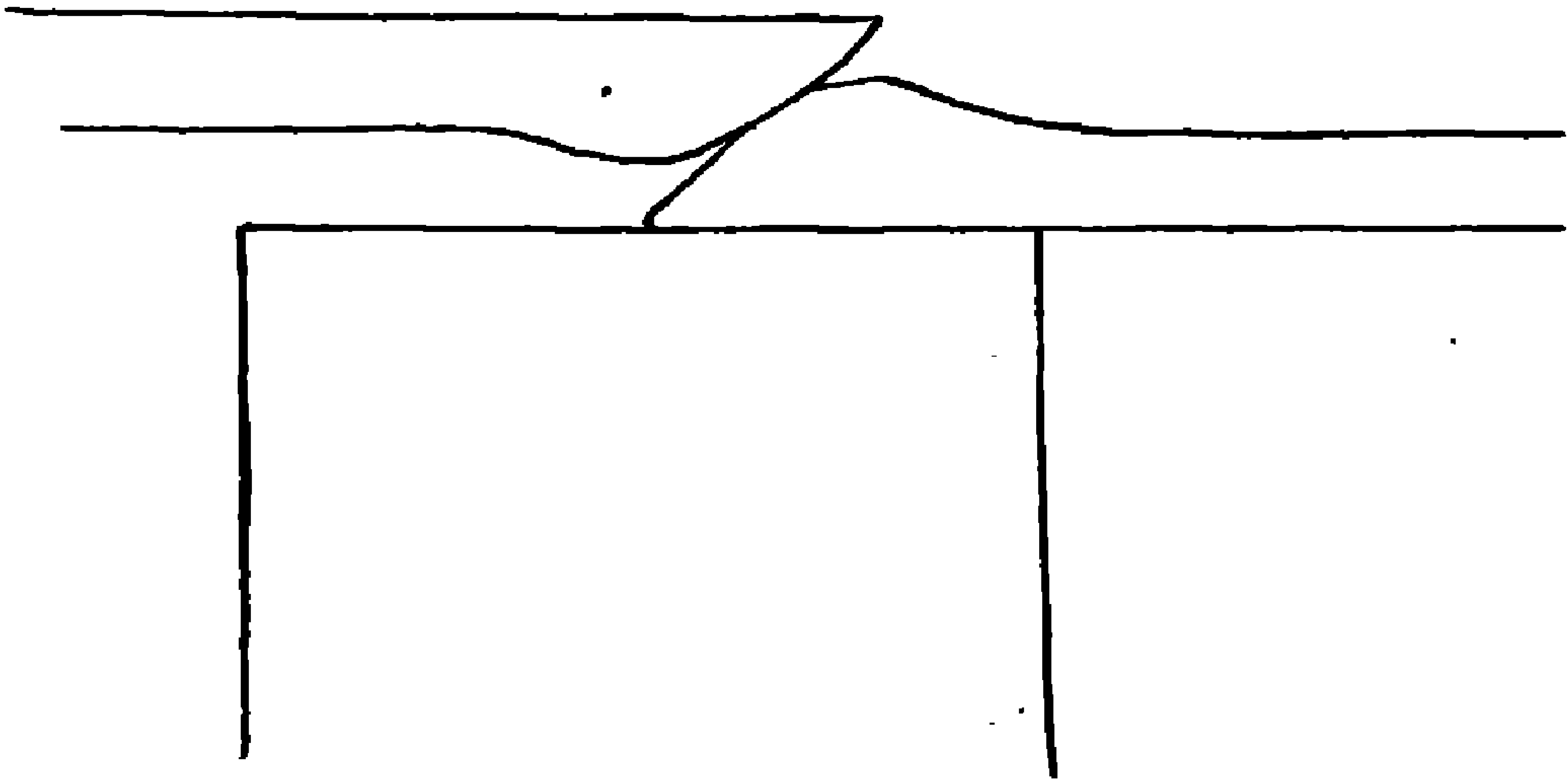
والبوراكس يحتوى عادة على الماء فيلزم أولا طرد الماء منه ثم سحقه فيصير مساعد صهر جيدا جدا .

أنواع اللحام

يقوم الحداد عادة باختيار نوع اللحام المناسب لشكل وحجم القطع المطلوب لحامها ، وأهم أنواع اللحام ينحصر فيما يأتى :

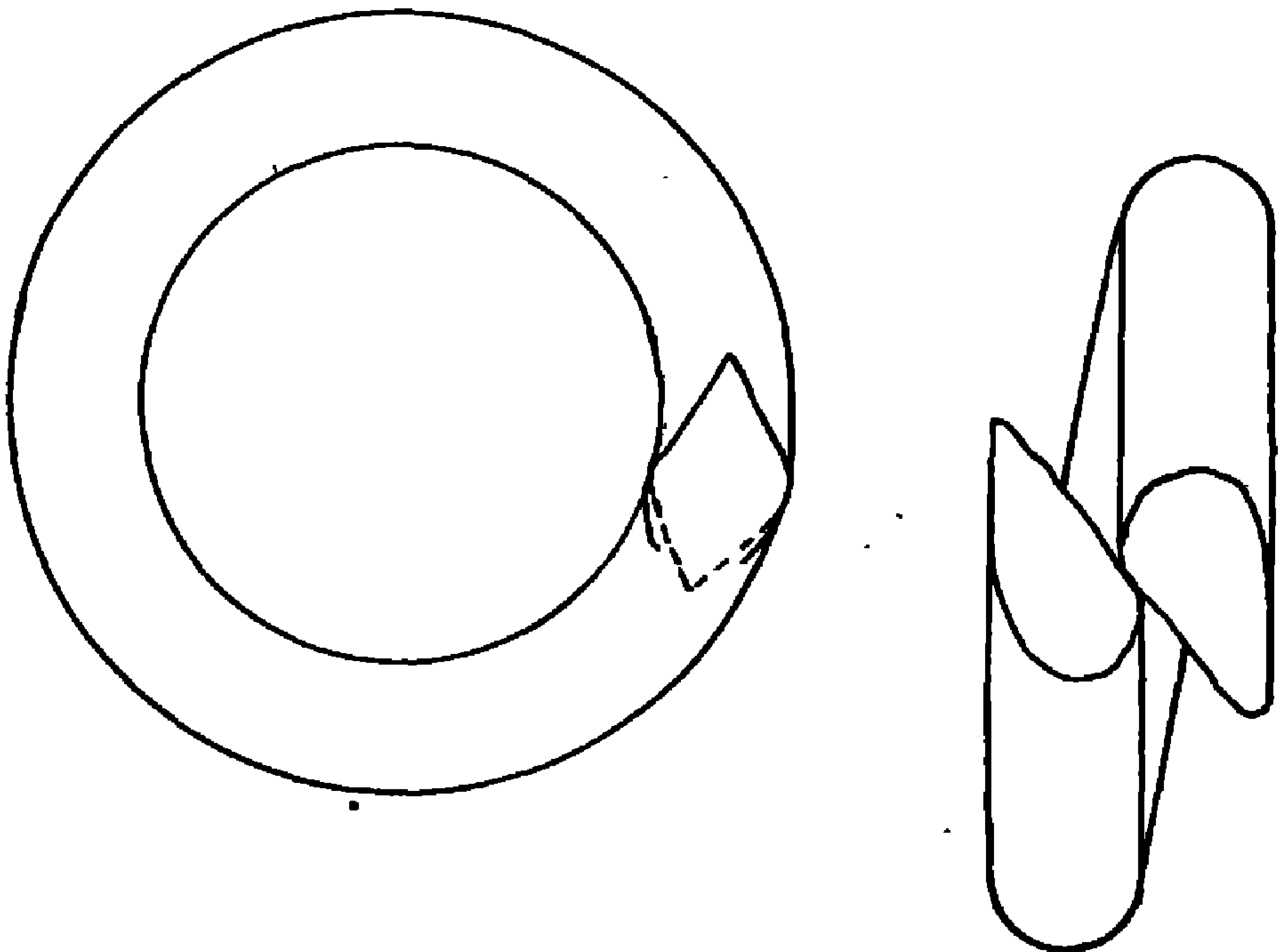
لحام نصف على نصف — ويستعمل فى القطع الصغيرة والمتوسطة الحجم، وذلك بأن تكبس نهايتا القطعتين المطلوب لحامهما ثم يسلب طرفاهما

شكل مناسب كما هو مبين فى شكل(٨٦) ويستعمل هذا النوع أيضاً فى لحام

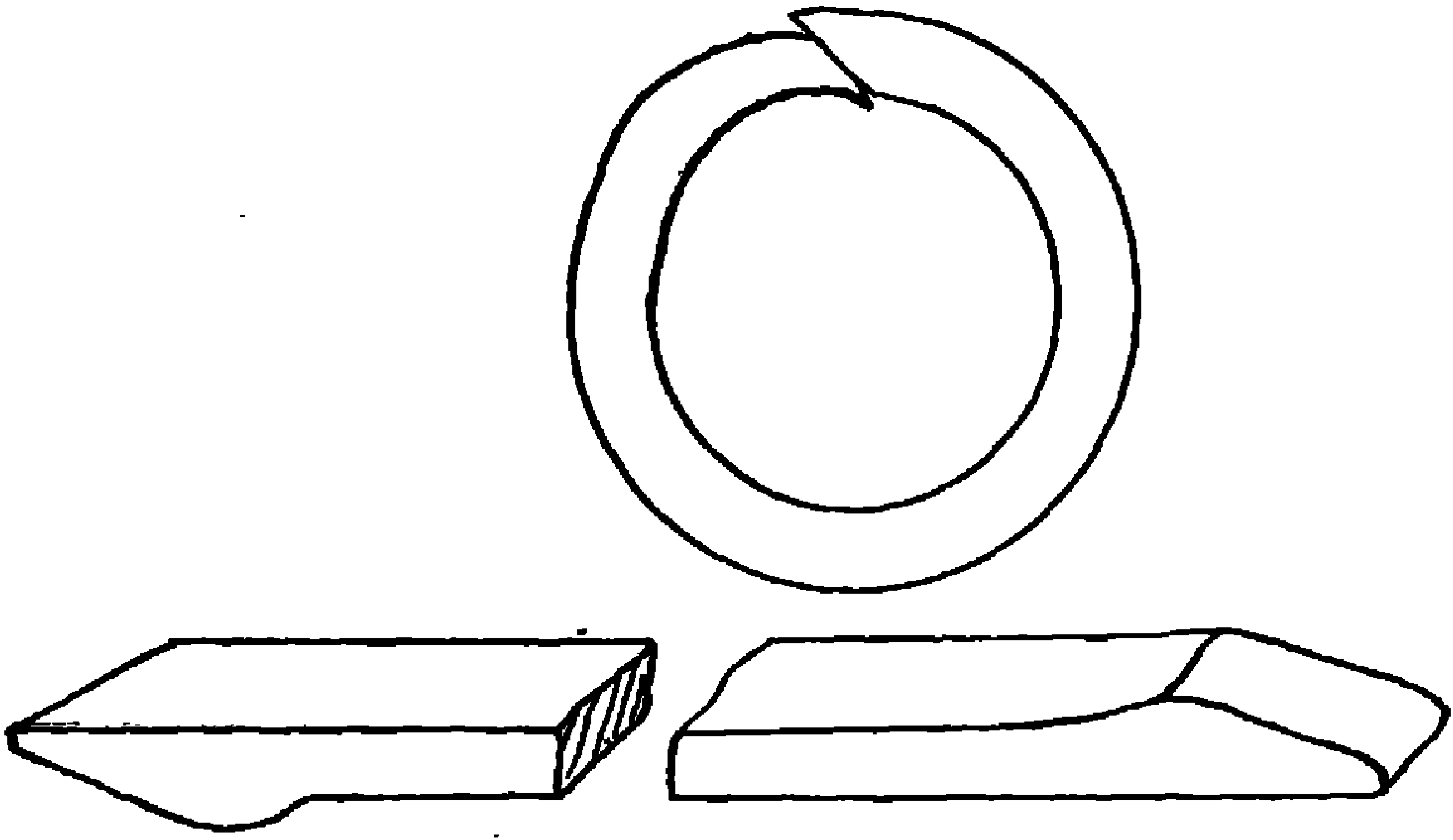


(شكل ٨٦ — لحام نصف على نصف)

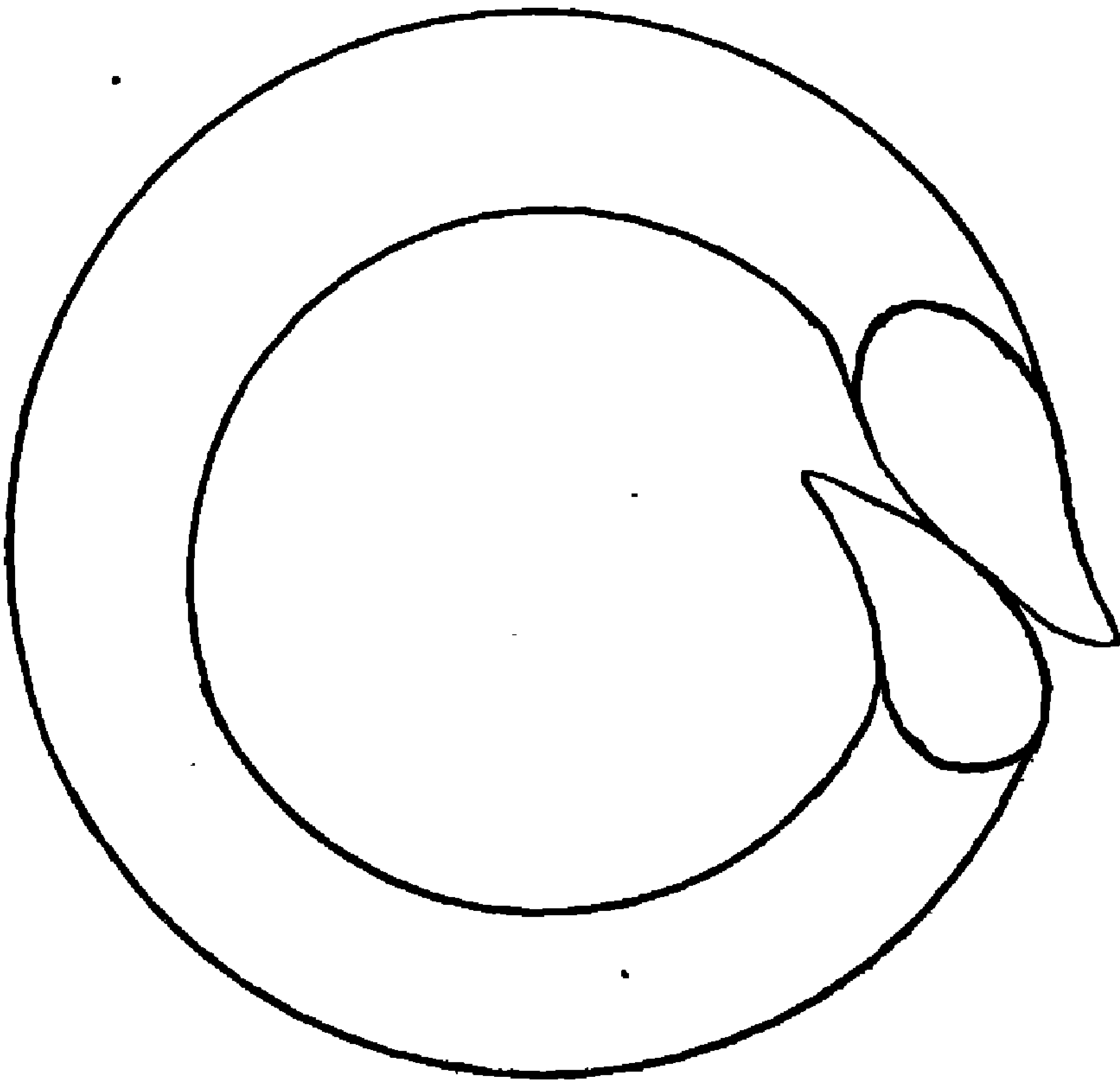
حلقات السلاسل وغيرها كما هو مبين فى أشكال (٨٧"ا"، ٨٧"ب"، ٨٨)



(شكل ٨٧ "ا")

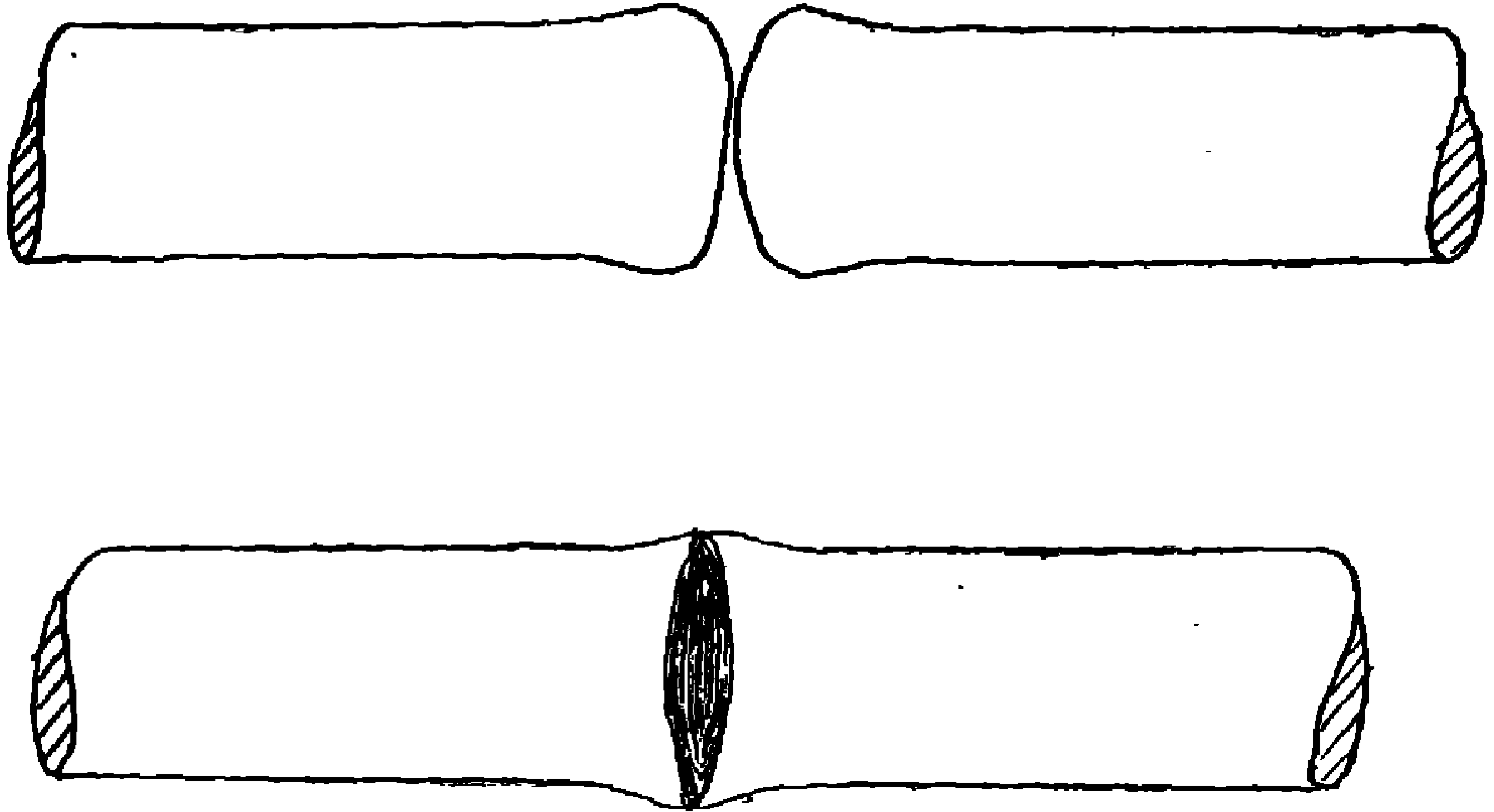


(شكل ٨٧ "ب" — لحام حلقة سلسلة)



(شكل ٨٨ — لحام حلقة سلسلة)

لحام القورة فى القورة — ويستخدم فى لحام أعمدة المحاور وما شاكلها فيحمى طرفا القطعتين المطلوب لحامهما ويكبسان قليلا وتكور كل من القورتين تقريبا عند سطح اللحام كما فى شكل (٨٩) .



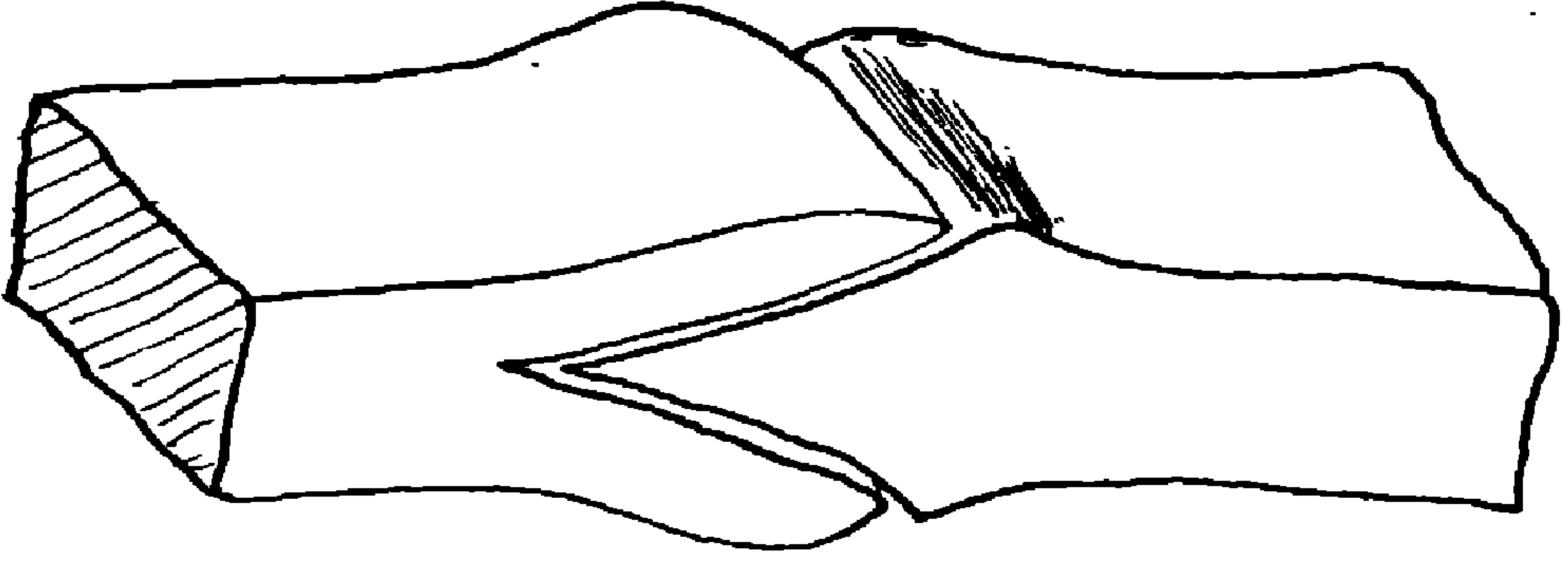
(شكل ٨٩ — لحام القورة فى القورة)

ثم ترفع حرارتهما لدرجة اللحام وتضغط إحداهما على الأخرى بعد التنظيف . وبالطرق المناسب مع اللف تلتحم القورتان . وبعض الحدادين يميل إلى تخشين سطح القورتين وذلك بعمل خطوط متقاطعة بواسطة المقطع تسهيلا لعملية اللحام .

اللحام المشقوق — يستخدم بكثرة فى لحام الأسياخ ، ويتعلق شكل القطعتين عند موضع اللحام على حجمهما . فللحام سيخ مربع من الحديد بآخر مثله ، يكبس طرف الأول ويشق ثم يكبس طرف الثانى ويسلب كما هو مبين فى شكل (٩٠) ثم يجرى عملية اللحام بالكيفية السابقة .

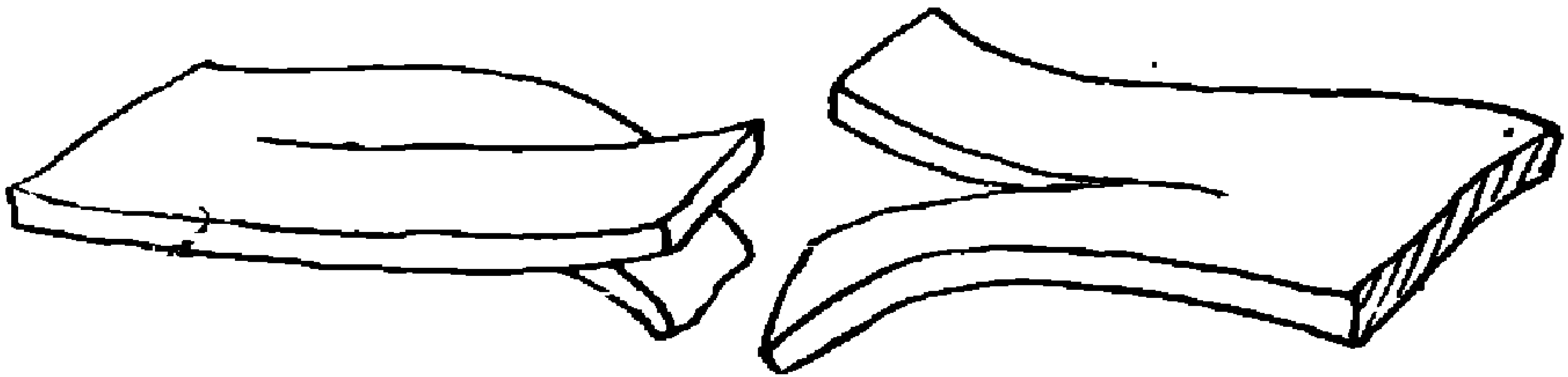
اللحام المشقوق نصف على نصف — يستخدم فى لحام الخوص العريضة قليلة السمك لأن أمثال هذه بالرغم من ارتفاع حرارتها إلى درجة اللحام وهى

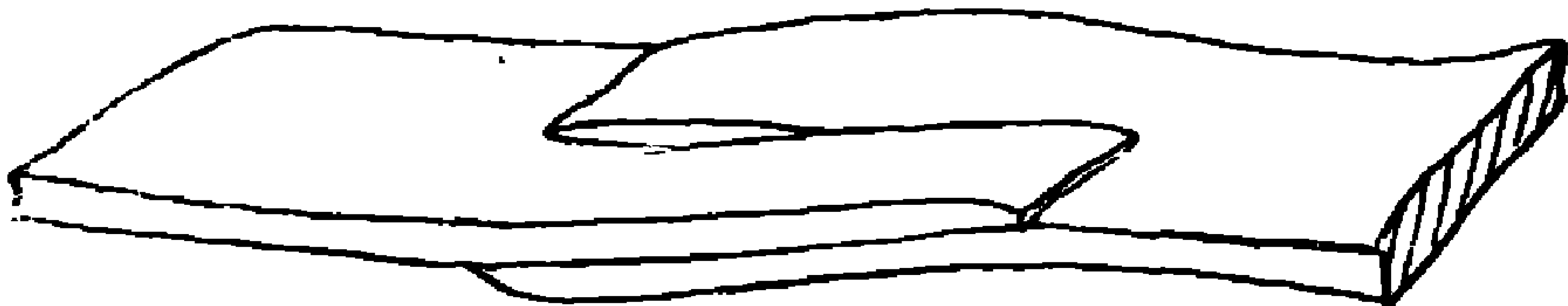
فى النار إلّا أنهـا تبرد بسرعة عند إخراجها منها حتى إذا ما وضعت فوق السندال تكون قد بردت لدرجة تصعب معها عملية اللحام . وهذه الصعوبة يمكن التغلب عليها بشق كل من القطعتين نحو بوصة من طولها فيتكون لهـا



(شكل ٩٠ — اللحام المشقوق)

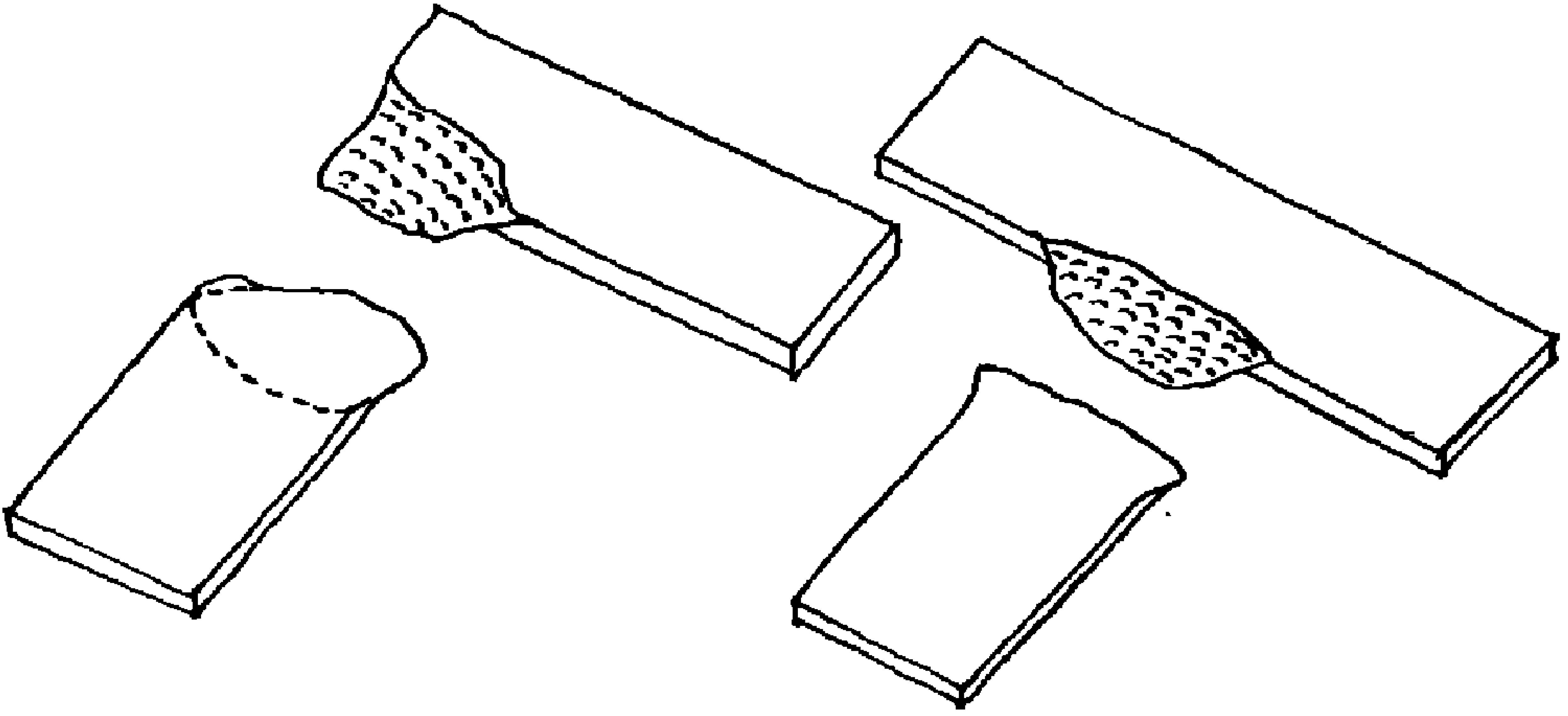
شفتان تثنى إحداهما إلى أعلى والأخرى إلى أسفل ثم تدبب الشفتان لكل من القطعتين وتعشقان إحداهما فى الأخرى وتسخنان كما لو كانت قطعة واحدة إلى درجة اللحـام ثم توضعان على السندال وتلحمان وشكل (٩١) يبين لحاما من هذا النوع وهو يستعمل بكثرة فى لحام صلب اليايات ويحتم استخدام مساعد صهر فيه حتى لا تحترق الأطراف .



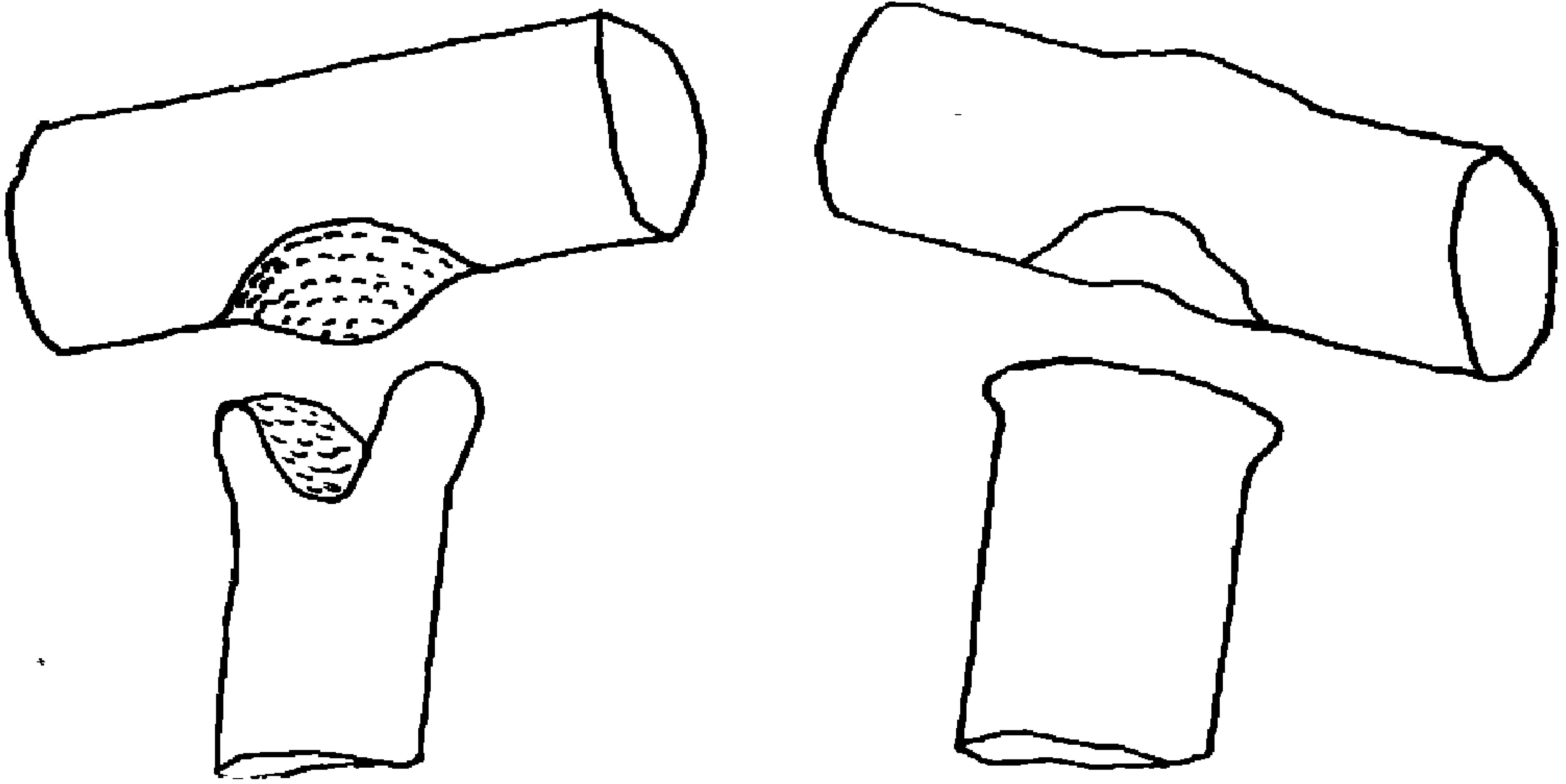


(شكل ٩١ — اللحام المشقوق نصف على نصف)

لحام زاوية — الشكلان (٩٢ و٩٣) يبين كل منهما لحاما من هـذا النوع . كذلك الشكل (٩٤) تبين لحام زاوية تستخدم فى الأسياخ المستديرة .



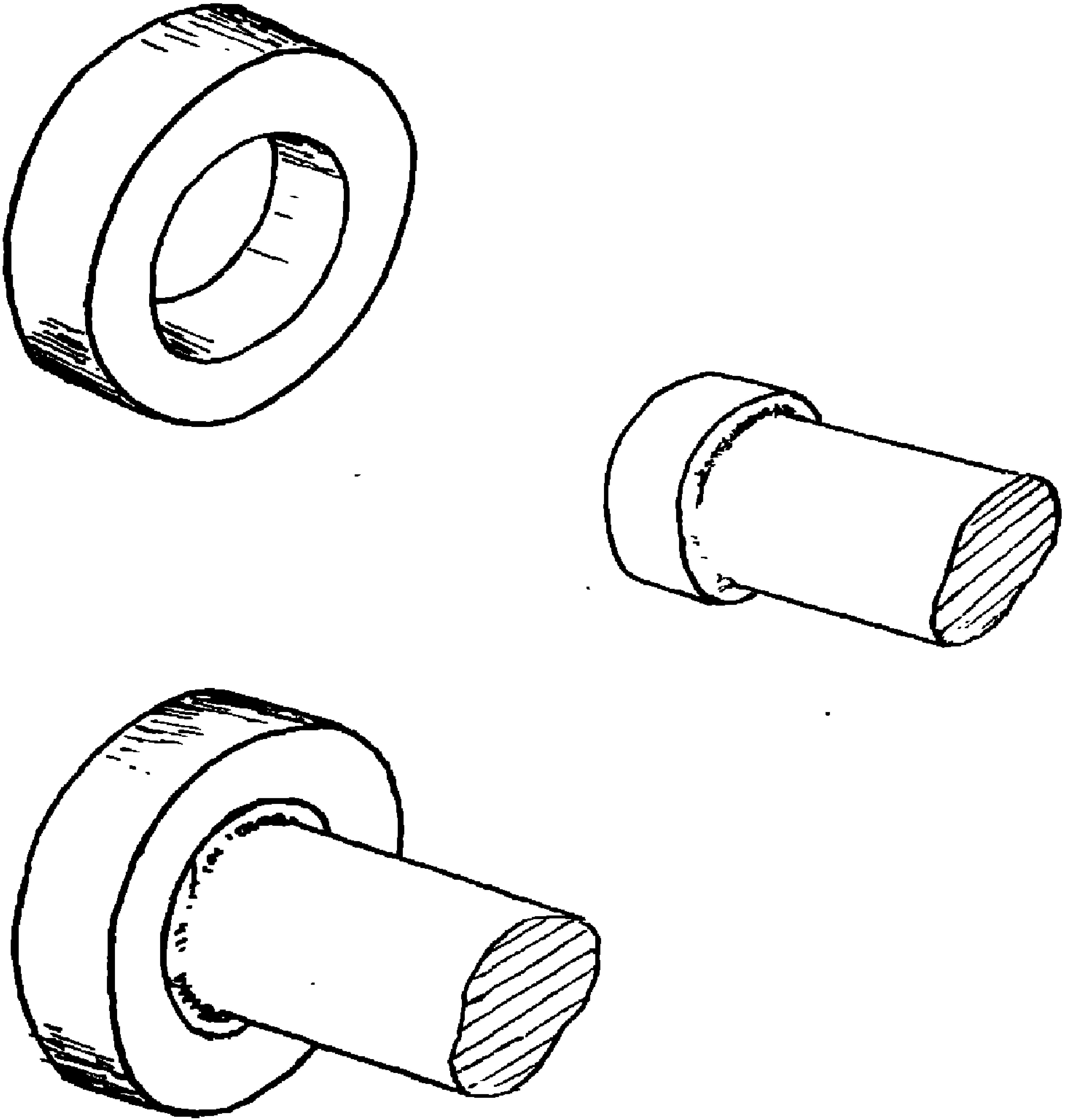
(شكل ٩٢ و٩٣ — لحام زاوية)



(شكل ٩٤ — لحام زاوية للأسياخ المستديرة)

لحام الخابور — ويستخدم فى اللحام على زاوية لقطعتين إحداهما سميكة والأخرى أقل سمكا فيعمل ثقب مسلوب فى القطعة السميكة ويسلب طرف القطعة الأخرى ثم تجرى عملية اللحام بعد إدخال الطرف المسلوب فى الثقب المعد لها .

لحام لفافة — ويستخدم فى عمل رءوس المسامير، وذلك بعمل حلقــة من الحديد ثم لحامها على طرف سيخ من المعدن كما فى شكل (٩٥) .



(شكل ٩٥ — لحام لفافة)

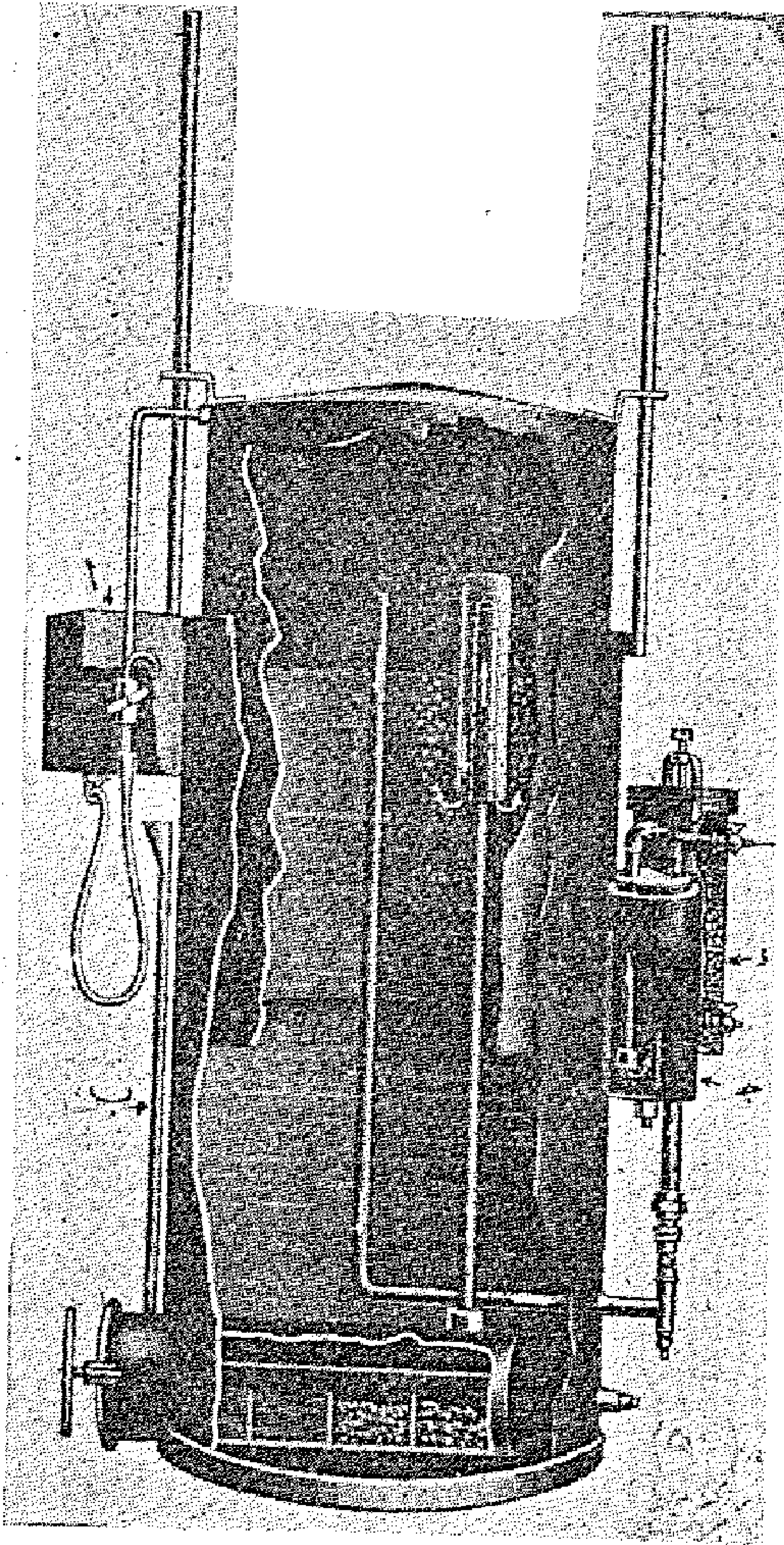
والخلاصة أن هناك أنواعا عدة من اللحام يمكن بالمران الكافى أن يقوم بها الحداد بما يتفق وحجم القطع المطلوب لحامها وشكلها .

أما المعادن التى من القسم الثانى وهى التى تتحول عند صهرها الى سوائل أو التى تتفتت قبــل انصهارها فان أسهل طريقــة فى لحامها هى أن تصهر قطعتا المعدن المطلوب لحامها عنــد نقطتى اللحام ويستعاض عمــا تفقدانه فى عملية الصهر بمعدن من نفس التركيب . وأول ما استخدمت هذه الطريقة

كان فى لحام مسبوكات الزهر الكبيرة التى كسر منها بعض أجزائها الصغيرة وذلك بدفن المسبوك فى الرمل وتركيب الجزء المكسور فى الموضع الذى انفصل منه وتسخينه و إمرار تيار من الزهر المنصهر عليه فيصهر ذلك الزهر المنصهر الجزء المكسور فيلتحم . و يراعى فى هـذه الطريقة أن تكون سرعة مرور الزهر المنصهر عنـد بدء العمليـة كبيرة ثم تقل تدريجيا متى تم انصهار الجزء المكسور . وجرت العادة فى هـذه الطريقة أن يؤخذ الزهر مبـاشرة من الدست و يسكب فى مجرى يوصله الى الجزء المكسور ومن ثم يحمله مجرى آخر الى حفرة مجـاورة . و بديهى أنه يجب وضع المسبوك بقرب الدست حتى لا يبرد الزهر و يتجمد، كذلك يجب الإسراع فى إمرار الزهر حتى لا يبرد فى طريقه الى المسبوك لكن وجد أن هذه الطريقة فيها إسراف كبير فى الوقود والزهر فضلا عن انها ليست مضمونة العاقبة، لذلك استعيض عنها بطريقة الأوكسى أستلين وطريقة الكهرباء الموضحتين بعد :

طريقة الأوكسى أستلين — وفيها يؤتى بقطعتى المعدن المطلوب لحامهما و يسخنان لدرجة الانصهار عند نقطتى اللحام فقط وذلك بتعريضهما للهب شديد أستعمل فى توليده غاز الأستلين وهو إحدى المركبات الأيدروكربونية وذلك لسهولة تحضيره ورخص ثمنه. ولمـا كانت كمية الأوكسيجين الموجودة فى الهواء لا تكفى لاحداث لهب شـديد الحرارة كذلك لمـا كان استخدام الهواء لإشعال غاز الاستلين فيه إسراف شديد فى الأستلين نفسه نظـرا لفقد جزء كبير من الحرارة المتولدة فى تسخين كل الهواء اللازم مع أن الجزء الفعال منه فى عملية الإشعال هو الأوكسجين فقط لذلك أستعمل الاوكسيجين المضغوط بدلا من الهواء فى إشعال غاز الأستلين . و يمكن بسهولة فى هذه الطريقة تنظيم كميتى الأوكسـيجين والأستلين بالدرجة المطلوبة . و يحضر غاز الأستلين فى أجهزة خاصة تسمى محضرات الأستلين ، و يستخدم فى تحضير هذا الغاز

كربيد الكلسيوم وذلك بتندية الأخير بالماء، فيتفاعل الكربيد والماء ويخرج منها غاز الأستلين ويحضر كربيد الكلسيوم بمزج كمية من فحم الكوك مع كمية من كربونات الكلسيوم (حجر الجير الاعتيادى) فى قمين خاص ويمر فى المزيج تيار كهربائى عالى الشدة بين قطبين فى ذلك القمين فيتحد الفحم الكوك والحجر اتحادا كيميائيا نحصل منه على مادة كربيد الكلسيوم .



(شكل ٩٦ — جهاز تحضير غاز الاستلين)

وشكل (٩٦) يبين جهاز تحضير غاز الأستلين ويتركب هذا الجهاز من إسطوانتين معكوستى الوضع تتحرك إحداهما داخل الأخرى كما هو واضح فى الشكل وتتصل الاسطوانة الخارجة الكبرى بحوض الماء "ا" وتتصل الاسطوانة الداخلية المتحركة — وتسمى "الناقوس" بحنفية الماء الموجود داخل الحوض فتقفل هذه الحنفية أو تفتح تبعا لحركة الناقوس صعودا ونزولا، فاذا ما نزل الناقوس فتحت الحنفية ونزل منها الماء نقطا الى القمع المتصل بالماسورة "ب" ومنها الى مستودع كربيد الكلسيوم الواقع فى أسفل الاسطوانة الكبرى فيتفاعل الماء مع الكربيد، ثم إن غاز الأستلين الناتج من هذا التفاعل يتصاعد فى الماسورة الرأسية الضيقة حتى نهايتها العليا فيصادف أسطوانه صغيرة

مقفلة من أعلى فينعكس اتجاهه ويتسرب من الفراغ الكائن بين الماسورة والأسطوانة ويمر بالماء الموجود بالجهاز ثم ينفذ منه الى قمة الناقوس الذى يقوم فى هذه الحالة بوظيفة مستودع لغاز الأستلين ، وبعد ذلك ينزل هذا الغاز من الماسورة الرأسية الأخرى الواضحة فى الرسم ويمر منها الى الوعاء "حـ" المحتوى على كلوريد الكلسيوم فيمتص الأخير جميع الرطوبة الموجودة بالغاز ثم يمر بعد ذلك على المرشح "د" ومنه الى الخرطوم المؤدى الى ماسورة بورى اللحام ، والخرطوم والبورى وماسورته غير مبينة فى الشكل . أما الأوكسيجين اللازم للحام فى هذه الطريقة فيخزن فى قوارير خاصة بضغط ٨٠٠ رطل على البوصة المربعة فى الأجهزة ذات الضغط المنخفض وبضغط ١٨٠٠ رطل على البوصة المربعة فى الأجهزة ذات الضغط العالى .

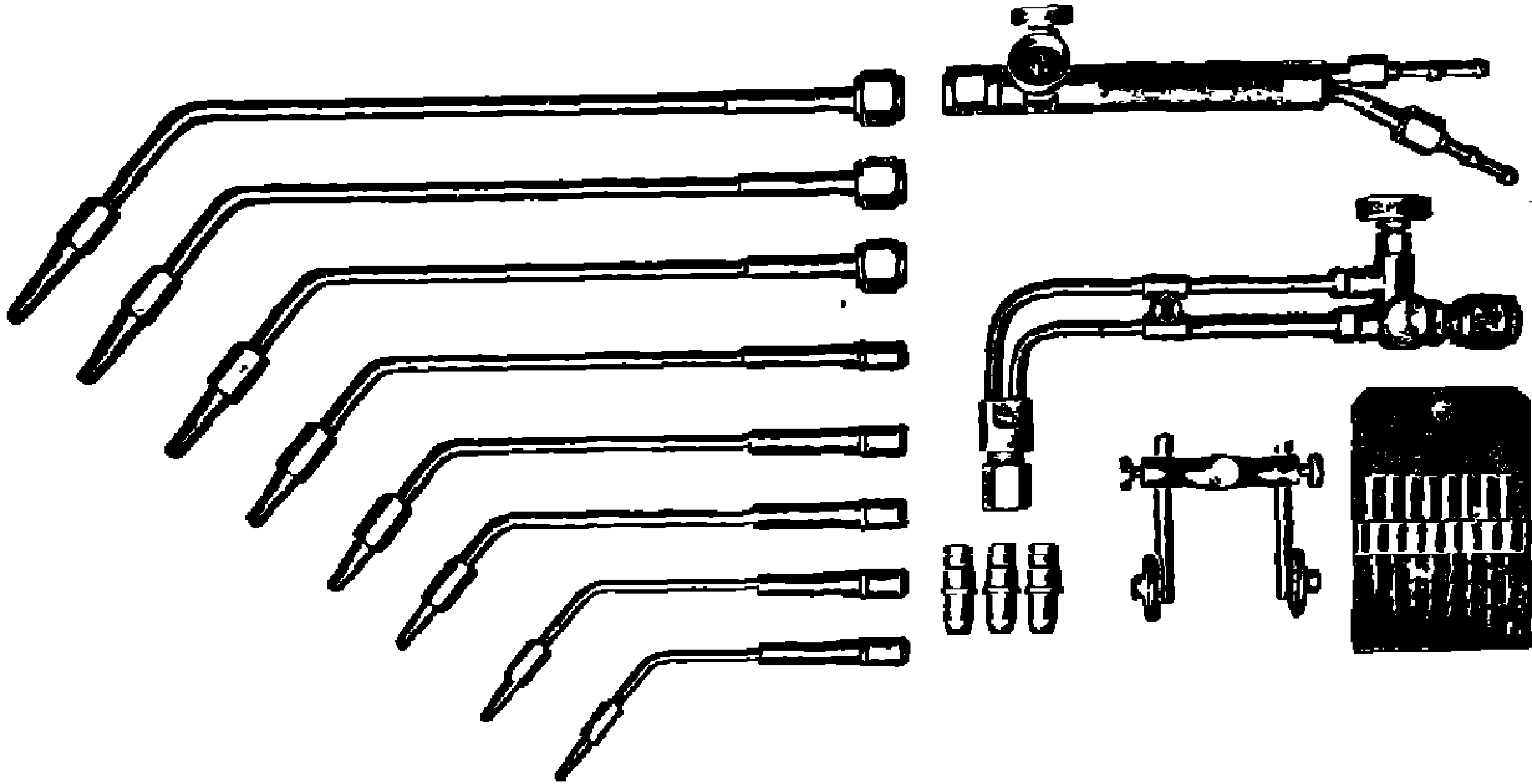
وبورى اللحام فى أبسط أشكاله يتركب من ماسورتين تمر إحداهما فى الأخرى وتحمل الداخلية الأوكسجين والخارجية غاز الأستلين وتنتهيان بفتحة مستدقة تسمى النافورة ويوجد عند النهاية الأخرى للماسورتين حنفيتان لتنظيم الأوكسجين والأستلين حسب الحاجة وطول اللهب المطلوب .

وشكل (٩٧) يبين بضع بوارى بمواسيرها .

وشكل (٩٨) يبين بورى من النوع الحديث للقطع وفيه الماسورتان موضوعتان احداهما بجانب الأخرى . وفى جميع البوارى يمكن تغيير النافورة واستبدال أخرى بها سواء أكانت أدق أم أكبر قطرا وذلك لكى تصلح البوارى لمشغولات مختلفة . كذلك يمكن حمل البورى عند فوهته على عجلتين يمكن استعماله للقطع بدلا من اللحام .

وتتلخص طريقة اللحام بالأوكسى أستلين فيما يأتى :

توضع القطعتان المطلوب لحامهما إحداهما بجانب الأخرى ، ثم يسلط عليهما لهب الأوكسى أستلين بقصد تسخينهما حتى اذا ما احمرتا سلط اللهب



(شكل ٩٨ — بورى من النوع الحديث للقطع)　(شكل ٩٧ — بضع بوارى بمواسيرها)

على موضع اللحام فينصهر معدن القطعتين فى هـذا الموضع وتلتحمان ببعضهما إلّا أنهما يفقدان جزءا من معدنهما فيستعاض عن الجزء المفقود بصهر طرف سيخ من المعـدن نفسه ليحل محل ما فقد من معدن القطعتين والواقع أنه عند عملية اللحام يسلط اللهب فى وقت واحد على موضع اللحام من القطعتين المطلوب لحامهما وعلى السيخ فينصهر الثلاثة معا فى الأجزاء المعرضة منها للهب . وعلى العامل المباشر لهذه العملية أن يدرب نفسه على أن تكون كمية المعدن المنصهر من السيخ مساوية بالتقريب لما تفقده القطعتان المطلوب لحامهما وإلّا نجم عن ذلك انصهار جزء من السيخ أكثر من اللازم بالنسبة لقلة سمكه قبل أن ينصهر موضع اللحام من القطعتين فيلتصق فقط معدن السيخ بمعدن القطعتين دون أن تلتحما فضلا عن تكون سطح مجعّد عند موضع اللحام ، ويستعمل فى هـذه الطريقة أحيانا مسـاعد صهر من البوراكس لتنظيف المعدن والمساعدة على صهره . وفى المشغولات التى يخشى كسرها بعد عملية

اللحام من جراء التمدد والانكماش السريع تسخن هذه المشغولات جميعها قبل عملية اللحـام لدرجة الاحمرار القاتم على نار كير هادئة أو مايشابه ذلك ، ثم تكدس عليها النار بسمك ثابت إلّا عند موضع اللحام فيترك ظاهرا لإمكان تسليط لهب البورى عليه . وبعد إتمـام عملية اللحام يغطى ذلك الجزء أيضا بالنار ثم يلقى الرمل بكميات تكفى لتغطية كل النار بسمك ثابت وتترك هذه المشغولات حتى تبرد تماما .

وقد أصبح اللحام بالأوكسى أستلين متينا ومأمونا لدرجة أنه يستخدم الآن فى بناء هياكل المحركات المصنوعة من الصلب الطرى ، وذلك بلحام أجزائها بعضها ببعض بدلا من سبكها بالطريقة العادية ، وبذا خفّ وزنها وازدادت مقاومتها (أى متانتها) كذلك أمكن باستعمال لهب الأوكسى أستلين لحـام كثير من المعادن كالحـديد ومستخرجاته والنحاس والألمنيوم وغير ذلك . وأقصى درجات الحـرارة التى أمكن الحصول عليها من هـذا اللهب هى ٦٠٠٠ فهرنهيت .

اللحام بالكهرباء — عند ما يعبر التيار الكهربائى أية ثغرة هوائية يحدث فى تلك الثغرة شرارة كهربائية . كذلك عنـد ما يمر التيار الكهربائى بأى موصل فانه يميل الى رفع درجة حرارة ذلك الموصل وتتعلق تلك الدرجة على مقاومة الموصل وشدة التيار واذا إزداد كل من شدة التيار أو مقاومة الموصل فان حرارة الأخير ترتفع لدرجة أنه يتوهج كما هو مشاهد فى المصـابيح الكهربائية واذا زاد التيار عن ذلك فان درجة الحـرارة ترتفع ارتفاعا يكفى لإنصهار ذلك الموصل .

وعلى هاتين القاعدتين أسست طريقة اللحام بالكهرباء . وهناك طريقتان للحام بالكهرباء وهما :

(١) طريقة التوهج — وفيها يوصل أحد قطبي التيار بقطعة من القطعتين المطلوب لحامهما ويوصل القطب الآخر بالقطعة الثانية فتتوهج القطعتان عند موضع اللحام نظرا لعظم مقاومة هـذا الموضع لسريان التيـار وينصهر طرفا القطعتين وتلتحمان .

(٢) طريقة القوس الكهربائي — ويتم اللحام فيها بتأثير مرور شرارة قوية على شكل قوس كهربائي . وللحام بهذه الكيفية ثلاث طرائق وهي :

(الأولى) وفيها تمر شرارة كهربائية شديدة بين قطبين من الكربون ثم توجّه الحرارة الناتجة من هـذه الشرارة على القطع المعدنية المطلوب لحامها فتنصهر وتلتحم أثناء تبريدها .

(الثانية) وفيها يمر القوس الكهربائي بين قطب مكوّن من قطع المعدن المطلوب لحامها وقطب آخر من الكربون حيث يكون الأول موجبا ويظل القوس زمنا كافيا حتى ينصهر المعدن ويلتحم .

(الثالثة) وفيها يوصل القطب السالب بالقطع المراد لحامها ويوصـل الموجب بسيخ من نفس المعدن فعند مرور التيار تحدث شرارة كهربائية بين السيخ والقطع المطلوب لحامها عند موضع اللحـام فينصهر الجميع ويسيل معدن السيخ فى موضع اللحام .

ويلاحظ أن فى طريقة اللحام بالأوكسي استلين يسخن الجزء المجاور لموضع اللحام لدرجة عالية مهما أستدق طرف اللهب ، وتمتاز طريقة اللحام بالكهرباء عن طريقة الأوكسي استلين وعن طريقة الكير فى كون الحرارة تتولد فى موضع اللحام فقط فى طريقة الكهرباء وبذلك يضمن أن لا يكون اللحام ناقصا من جراء التأكسد السريع الذى يحصل فى الطريقتين الأخيرتين أو من جراء الأوساخ والكبريت التى توجد عند اللحام بطريقة الكير والتى تعوق سهولة الالتحام .

وقد تقدمت طرائق اللحام بالكهرباء حتى أمكن بها لحام القطع التى يخشى من تلفها اذا سخنت بلهب الأوكسى استلين . كذلك أمكن بهذه الطريقة ملء التآكل الذى يحصل فى قطع المعادن من جراء الاستعمال دون أن تتعرض للتلف . وقد استعملت الكهرباء أيضا فى وصل الألواح المعدنية بعضها ببعض بدلا من البرشام ، وذلك بأن يحصر طرفا اللوح أو اللوحين المطلوب لامهما بين زنبتين تحملان التيار الكهربائى فعند ضغط الزنبتين على طرفى اللوح يمر التيار من إحداهما للثانية فينصهر معدن اللوح عند طرفى الزنبتين ويلتحم طرفا اللوح ، وتسمى هذه الطريقة طريقة اللحام بالزنبة الكهربائية ، وتستخدم بكثرة فى لحام الألواح الرقيقة كما فى الدواليب والأثاث والمغناطيس وبعض الغلايات المصنوعة من الصاج .

اللحام بالقصدير — نظرا لإنصهار القصدير وسبائكه على درجة حرارة منخفضة وسهولة إلتصاقه بكثير من المعادن فإنه يستخدم واسطة فى وصل الألواح والقطع التى من معدن واحد أو من معدنين مختلفين . وطريقة ذلك أن تنظف القطعتان عند موضع اللحام بأية آلة حادة وتزال المادة الدهنية التى قد تكون عالقة بموضع اللحام بحامض مخفف مثل حامض النيتريك أو المورياتيك . ثم يحمى قطعة من النحاس مسلوبة الطرق تسمى "كاوية" وتنظف بعد تسخينها وتضغط على ساق من سبيكة قصدير اللحام المكونة من جزء من القصدير وجزء من الرصاص وبمجرد ملامسة طرفها المسلوب لسبيكة القصدير تنصهر هذه السبيكة ويعلق جزء منها بطرف الكاوية ويبقى هذا الجزء منصهرا ما دامت درجة حرارة الكاوية كافية وفى هذه الحالة يمر

هذا الطرف على موضع اللحام فيترك عليه جزءا من سبيكة القصدير تلتصق به وتبرد، وعندئذ تصبح القطعتان متماسكتين. وتستعمل فى لحام الصفيح مادة للتنظيف بدل الحامض وهى "القلفونية". واللحام بالقصدير لا يتحمل درجات الحرارة العالية فضلا عن ضعفه بالنسبة للدونة سبيكة القصدير. كذلك كثيرا ما تستعمل سبيكة من النحاس والزنك كمادة للحام وتعرف هذه السبيكة لدى الصناع بالمونة وطريقة اللحام بها كما يأتى :

اللحام بالمونة — يوضع طرفا القطعتين المطلوب لحامهما متلامستين على فرش من فحم الكوك ثم يسلط عليهما لهب قوى مثل لهب موقد البترول المعروف بوابور اللحام أو لهب غاز الاستصباح[1] ويرش على موضع اللحام جزء من البوراكس كمساعد صهر ثم توضع قطع صغيرة من المونة عليه، وعندما يسلط اللهب تنصهر المونة وتتماسك مع طرفى القطعتين بعد أن تسيل بينهما وتلتصق بالمعدن الذى تعلو درجة حرارة انصهاره عن درجة انصهار المونة كما فى معدن الحديد .

أما النحاس ومركباته فانه ينصهر عند موضع اللحام بتأثير مساعد الصهر فيلتحم مع المونة . وطبيعى ألا تستعمل المونة فى لحام المعادن التى تقل درجة انصهارها عن درجة انصهار المونة نفسها .

---

(١) فى هذه الحالة يستعمل بورى للحام فيمر فيه الهواء المضغوط ويتقابل مع غاز الاستصباح عند فوهة البورى فيعطى لهبا قويا عند اشتعال الغاز .

ويختلف تركيب ألمونة بإختلاف الغرض الذى تستخدم من أجله .
والجدول الآتى يبين تركيب أربعة أنواع منها :

نحاس	زنك	درجة الانصهار
١٫٥	١	١٦٣٠° ف
١	١	١٦٠٠° ف
١	٢	١٤٧٠° ف
١	٤	١٣٠٠° ف

و بإضافة كمية من البزموت أو الزئبق تنخفض درجة حرارة الانصهار انخفاضا كبيرا. وعند إستخدام المونة فى لحام الزهر يستخدم أوكسيد النحاسوز كمساعد صهر .

الفصل الرابع والعشرون

العدد القاطعة

العدة القاطعة هى أداة تصنع من معدن أشد صلابة من المعدن المطلوب قطعه وتشكل حسب مقتضيات الأحوال على أشكال متعددة بما يناسب الآلة المستخدمة أو التشكيل المطلوب أداؤه . ويتأسس الحد القاطع فى العدد القاطعة على نظرية المستوى المائل فمثلا الخابور المسلوب البسيط يمكن أن يعتبر كعدة قاطعة ، لأنه عند الطرق عليه يدخل بين أجزاء الجسم فيمزقها ، لكنه يصعب إخراجه من بين جزئى الجسم ، لذلك وجب أن تكون زاوية ميله كبيرة جدا حتى لا ينحشر بين جزئى الجسم ، أو يعمل بحده القاطع خلوص كى يسهل انتزاعه .

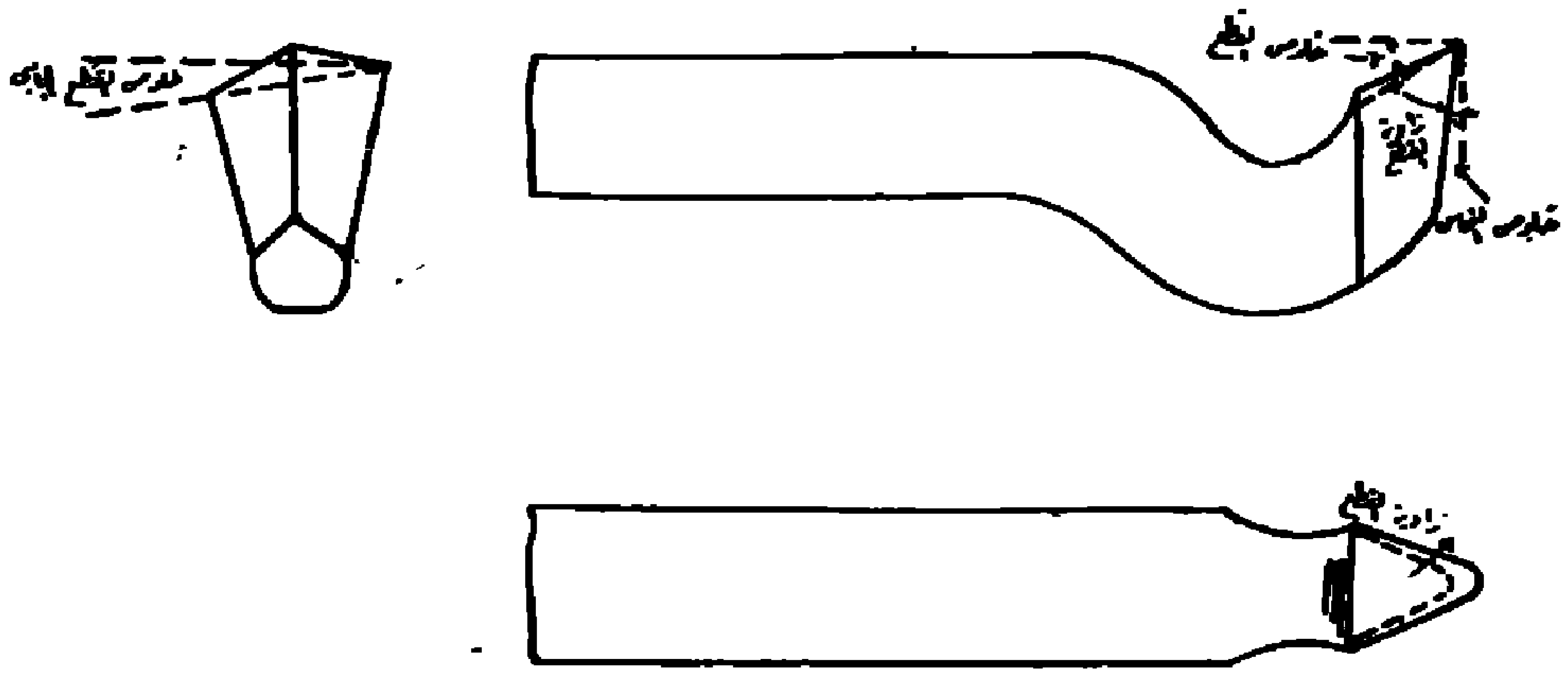
زاوية القطع — يفهم مما سبق أن لكل أداة قاطعة زاوية خاصة بها تتناسب مع نوع المعدن المقطوع وتسمى زاوية القطع .

الخلوص — هو مقدار السماح فى تشكيل الحد القاطع حتى لا يتآكل بسرعة من احتكاكه بالمشغولات ولكى يسهل خروج الأجزاء المقطوعة عن الجسم . وينقسم الخلوص الى قسمين : (ا) خلوص القطع . (ب) خلوص التماس .

فخلوص القطع هو مقدار السماح فى العدد القاطعة كى يسهل خروج الجزء المقطوع (كالخراطة مثلا) . وخلوص التماس هو مقدار السماح فى العدة

القاطعة بما يمنع تماس أى جزء منها غير حافتها القاطعة بالمشغولات . وأبسط مثـل يمكن أن نضربه هو صفيحة المنشار فان زاوية كل سـنة هى زاوية القطع أما تفليجة المنشار فتمنع تماس الصفيحة وسطحى الجسم المقطوع . كذلك الحـال فى قلم التأجين فان حده القاطع يُعمل أكبر عرضا بقليل من بدنه حتى لا يتماس البدن مع المثقبية المقطوعة مثلا وذلك هو خلوص التماس .

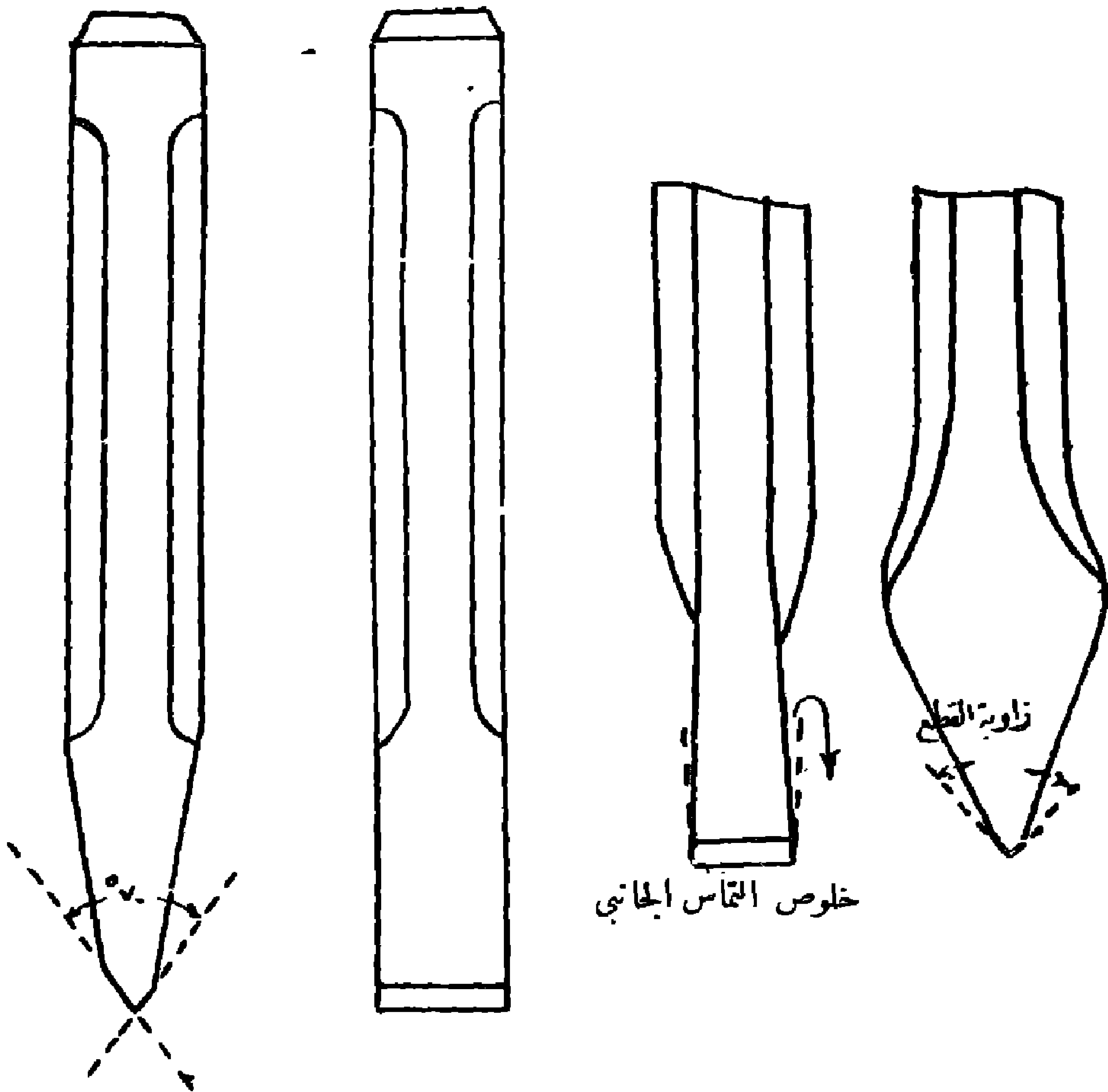
أما الزاوية المحصورة بين سطحى حده فهى زاوية القطع ، وقد يتعدد فى عدة قاطعة واحدة كل من خلوص التماس والقطع . فقلم المخرطة به من الخلوص أربعة واضحة فى الرسم شكل (٩٩) فسطحه العلوى مائل قليلا بزاوية



(شكل ٩٩ — قلم مخرطة مبين به أنواع الخلوص)

هى زاوية خلوص القطع وحرفه الأمامى ينحرف عن مماس المشغول قليلا وهذا هو خلوص التمـاس وكل من سطحيه الجانبين يميل قليلا أيضا بزاوية هى خلوص التمـاس أيضا أما الزاوية المحصورة بين سطحيه الجانبين فهى زاوية القطع .

وشكل (١٠٠ و ١٠١) يبين قلم أجنة وأجنة موضحا عليه زاوية القطع وخلوص التماس لقلم الأجنة .

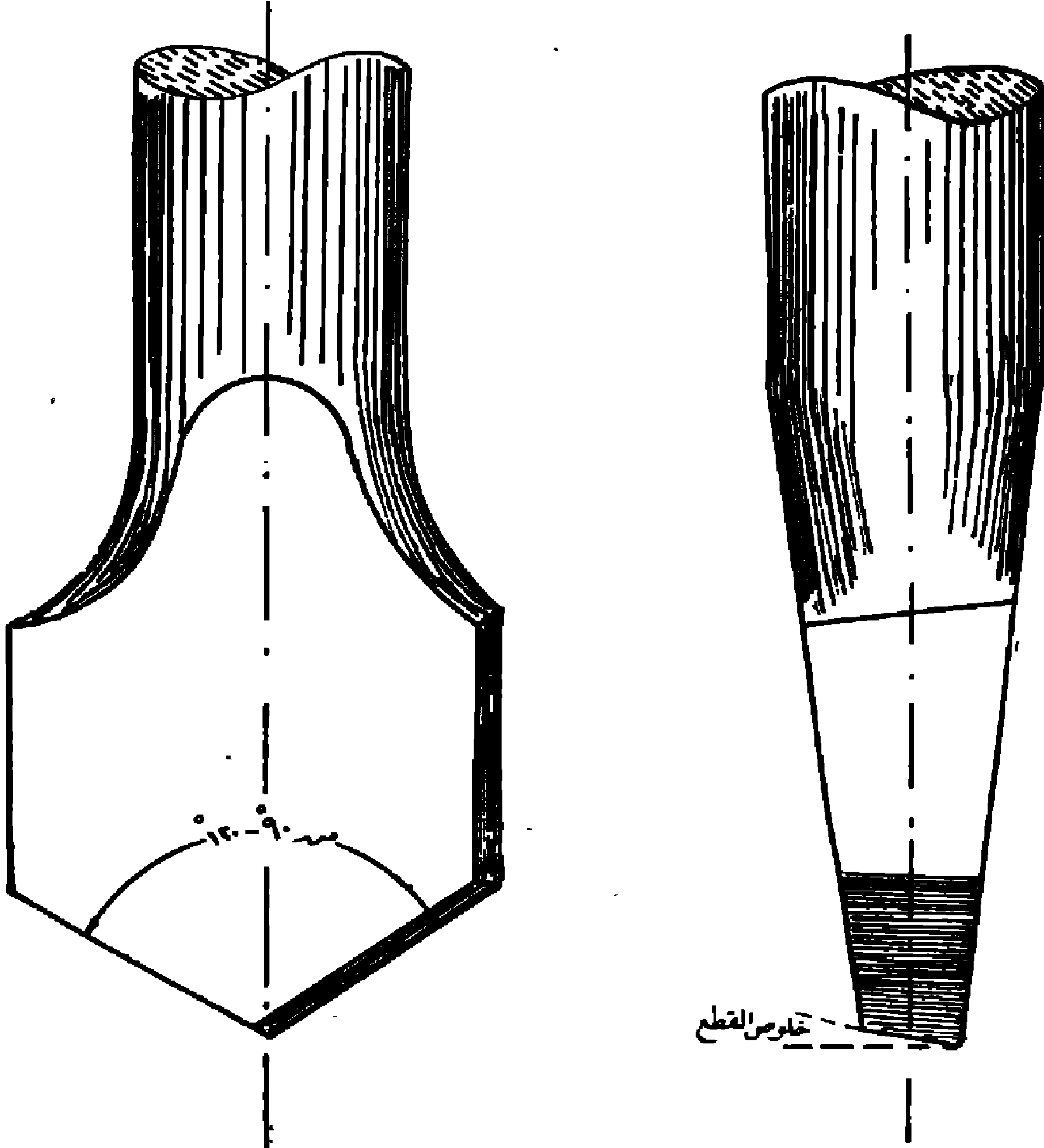


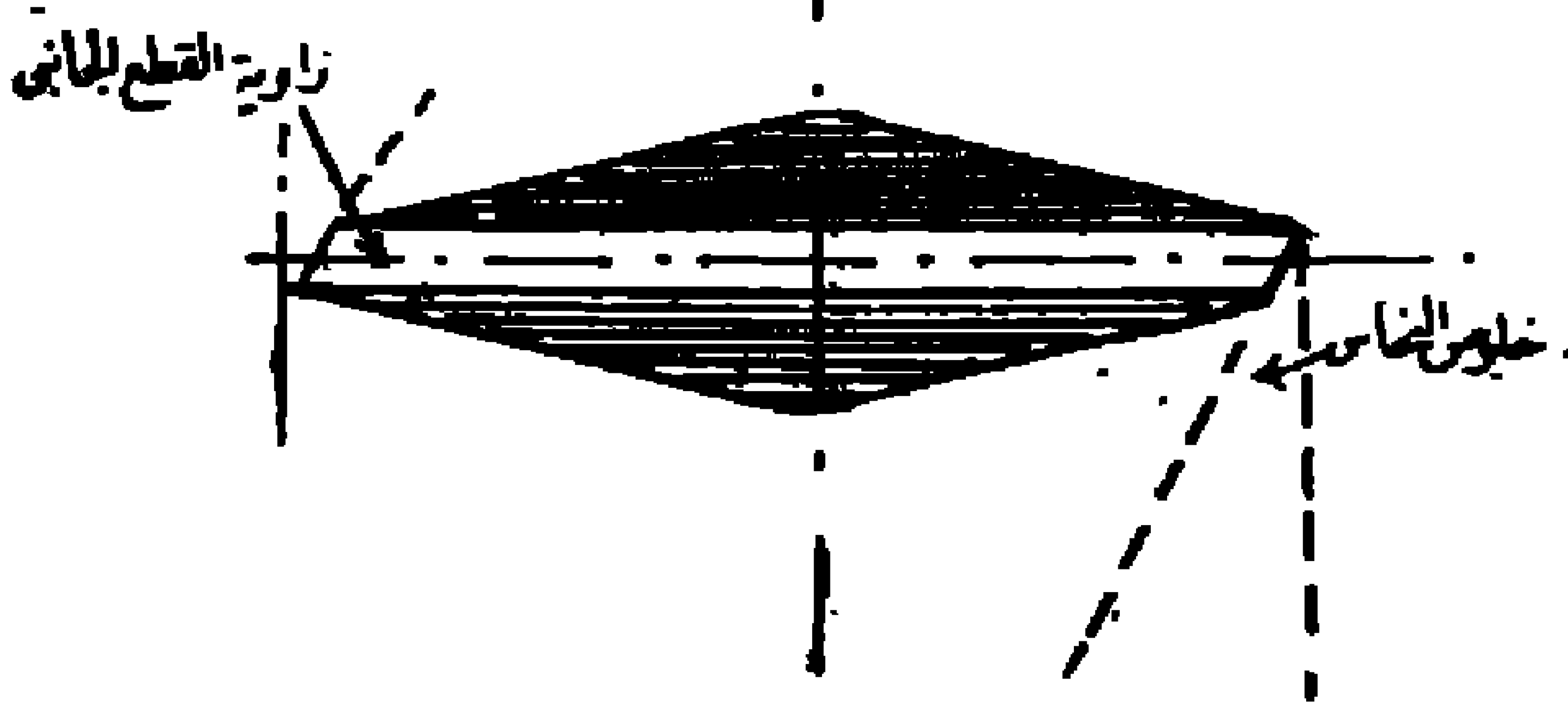
(شكل ١٠١ — أجنة) (شكل ١٠٠ — قلم أجنة)

وشكل (١٠٢) يبين البنطة البلدى ، وشكل (١٠٣) يبين البنطة الأمريكانى ، و زوايا القطع وخلوص التماس الخاص بهما .

هذا وقد يضطر العامل فى كثير من المصنوعات أن يسن عدته القاطعة و يهيىء فيها ما يناسب المشغولات نفسها من الخلوص . فمثلا لقطع قلاووظ ذى خطوة كبيرة وجب أن تكون زاوية خلوص التماس الجانبى للقلم إما يمينية و إما شمالية حسب نوع الخطوة المطلوبة . وكذلك تكون زاوية ميل خلوص التماس الجانبى أكبر قليلا من زاوية ميل القلاووظ نفسه حتى

يمكن للحد القاطع أن يعمل فى فتح مجرى القلاووظ دون أن يتلف القلاووظ نفسه ومما سبق يفهم أن زوايا خلوص النحاس وخلوص القطع تختلف اختلافا بيّنا حسب نوع العدة القاطعة والمشغول بما لا يتسع المجال لشرحه هنا .





(شكل ١٠٢ — البنطة البلدى)



(شكل ١٠٣ — البنطة الأمريكانى)

ونضرب الأمثلة بالجدول الآتى بعد فيما يتعلق بالعدد القاطعة الكثيرة الإستعمال مبيّنا به زوايا القطع والخلوص فيها بالنسبة للمقاومة المختلفة .

ولقد تطورت العدد القاطعة تطورا محسوسا أدّى بطبيعة الحال الى تغيير شكلها إلّا أنهـا لا تزال حافظة لزوايا القطع والخلوص فيها . وكان السبب فى ذلك التطور هو سرعة تآكل حدها القاطع فيصنع بعضها متعدد الحواف القاطعة على شكل قرص شُكِّل على محيطه حوافٍ قاطعة أطلق عليهـا اسم السكاكين .

وهذه السكاكين تختلف حسب العمل المطلوب منها تأديته ، فقد تطور المثقاب الأمريكانى الخاص بعمل الثقوب فى الجسم الى الدِّشلك أو البرغل الذى هو فى أبسط أشكاله عبارة عن جملة حواف رسمت على محيط إسطوانة حتى أدت عمل المثقاب فى توسيع الثقوب فقط .

كذلك تعددت حواف الأجنة على محيط الاسطوانة فأصبحت سكينة لكشط الأوجه المعدنيـة وتسوية السطوح واستعملت لذلك آلة خاصـة تسمى بالفريزة .

جدول خاص ببعض العدد القاطعة الكثيرة الاستعمال مبينا به زوايا القطع والخلوص :

العدة القاطعة	زاوية القطع	زاوية خلوص التماس	زاوية خلوص القطع
الأجنة — (المعادن اللينة كالنحاس والرصاص والسبيكة)	°٢٥ — °٣٠	—	—
الأجنة — (النحاس الأصفر والزهر)	°٤٠ — °٥٥	—	—
الأجنة — (الصلب)	°٦٠ — °٧٠	—	—
قلم التأجين — المعادن اللينة)	°٢٥ — °٣٠	°٣ — °٥	°٣
مثقاب بلدى — (بنطة)	°٩٠ — °١٢٠	°٣	°٣
مثقاب أمريكانى — (للصلب والحديد)	°١١٨ — °١٢٠	—	°٢٥ — °٣٠
و للنحاس(١)	°١٥٠ — °١٥٢		

العدة القاطعة	زاوية القطع	خلوص التماس		خلوص القطع	
		الأمامى	الجانبي	العلوى	الجانبي
أقلام المخارط (عدل للصلب)(٢) ..	°٧٥	°٣ — °٨	°٦	°١٠	—
قلم مخرطة (للصلب جنب)	°٧٥	°٣ — °٨	°٦	°١٠	°١٢
« (للزهر عدل)	°٨٠	٨ — ١٠	°٦	°١٠	—
« (« جنب)	°٨٠	٨ — ١٠	°٦	°٢٠	°٨
« (للحديد عدل)	°٦٥	٥ — ١٢	°٦	°١٥	—
« (« جنب)	°٦٥	٥ — ١٢	°٦	°١٥	°٢٥
« (نحاس عدل)	°٨٥	٦ — ١٢	١٢	—	—
« (« جنب)	°٨٥	٦ — ١٢	١٢	—	—

(١) زاوية خلوص القطع فى هذا المثقاب هى زاوية ميل الحلزونة .

(٢) زاوية الخلوص فى الأقلام القاطعة هى وليدة التجارب وتتناسب كليا مع نوع الصلب فضلا عن نوع العمل نفسه .

الفصل الخامس والعشرون

طرائق التشغيل

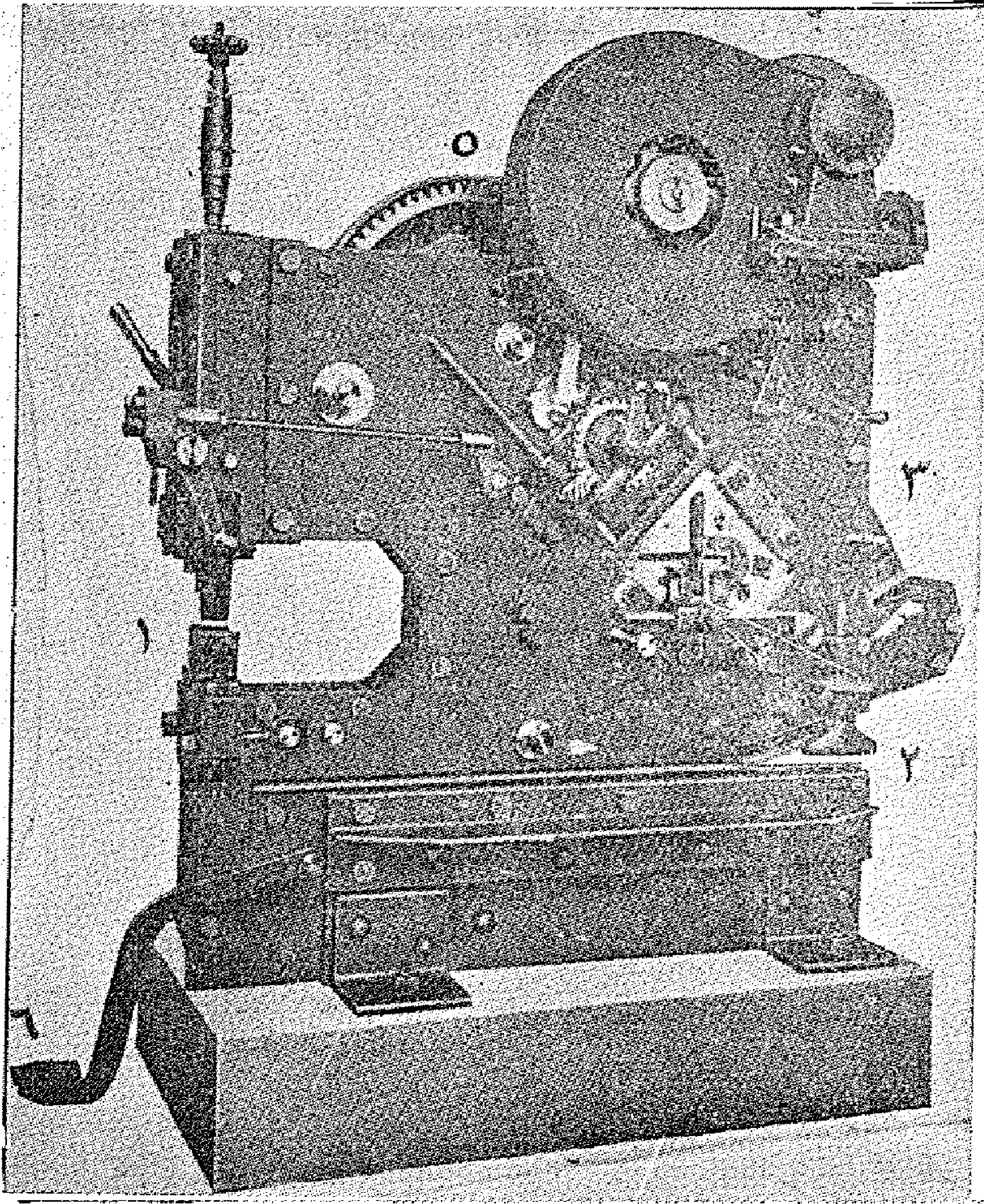
كان العامل الاقتصادى أعظم مشجع على تقـدم الصناعة . فحفزهم المهندسين إلى استنباط سبائك معدنية مختلفة تجمع إلى المتانة خفة الوزن فضلا عن رخص تكاليف صناعتها وتشكيلها ، واستوجب ذلك إستخدام آلات متنوعة العمل تفى بأغراض الصناعة التى يتعذر حصرها حتى لقـد اختصت كل آلة من الآلات بنوع واحد من العمل وأحيانا بأكثر من عمل واحد وفاءً لمطالب المدنيّة الصناعيـة المتشعبة النواحى والأطراف . وسنورد تحت هـذا الفصل موجزا لبعض الآلات الضرورية التى لا مَعْدَى من وجودها فى المصانع الميكانيكية التى ستقوم باصلاح وتشكيل بعض المشغولات حسب طاقتها .

ويمكن أن تنحصر أعمال هذه الآلات فى تشكيل المشغولات إما من الداخل وإما من الخارج وإما التشكيلين معا. وسنشرح بإيجاز بعض الآلات التى تقوم ببعض تلك العمليات .

التخريم والثقب — وهمـا من أسهل العمليات التى تؤدَّى فى الورش الميكانيكية وأكثرها ولا يستلزم آداؤها إلا قليل من العناية. ومع أن الغرض

من هاتين العملتين واحد وهو عمل ثقوب فى الألواح المعدنية إلا أنهما يختلفان فى الطريقة والنتيجة وفى العدد المستخدمة فالتخريم مؤسس على الطريقة الآتية :

إذا وضع لوح من معدن لدن على قاعدة من الصلب بها ثقب معلوم القطر ثم جىء بقطعة من الصلب الناشف مخروطية الشكل تسمى السنبك قطرها ملائم لقطر الثقب وطرق هذا السنبك بمطرقة على اللوح وفوق الثقب مباشرة فان معدن اللوح ينبعج تحت السنبك من تأثير الطرق ويدخل فى الثقب إلى أن ينحصر بين حافة الثقب والسنبك ويترك مكانه ثقبا فى اللوح . وبهذه الطريقة يمكن تخريم الألواح المعدنية اللدنة الرقيقة أى قليلة السمك . والتخريم يؤدى عادة فى الورش الحديثة بواسطة آلة تسمى آلة السنبك فيوضع لوح المعدن المطلوب تخريمه على قاعدة من الصلب مثبتة فى الآلة ثم يضغط على السنبك — وهو فى هذه الحالة اسطوانة من الصلب المقسى قطرها مساو تقريبا لقطر ثقب القاعدة يتحرك آليا حركة ترددية — فينحصر المعدن بين نهاية السنبك وحافته وثقب القاعدة فينفصل ويتكون فى موضعه الثقب المطلوب . وشكل (١٠٣) يبين آلة من هذا النوع تستخدم عادة فى تخريم ألواح الحديد والكمرات المستعملة فى المبانى وبناء المراكب وما شاكل ذلك من الأعمال التى تتطلب عمل ثقوب كثيرة ذات قطر واحد وفى العادة تشمل آلة السنبك مقصا لقص الألواح المعدنية وآخر لقص الزوايا والكمرات كما هو مبين بالشكل .



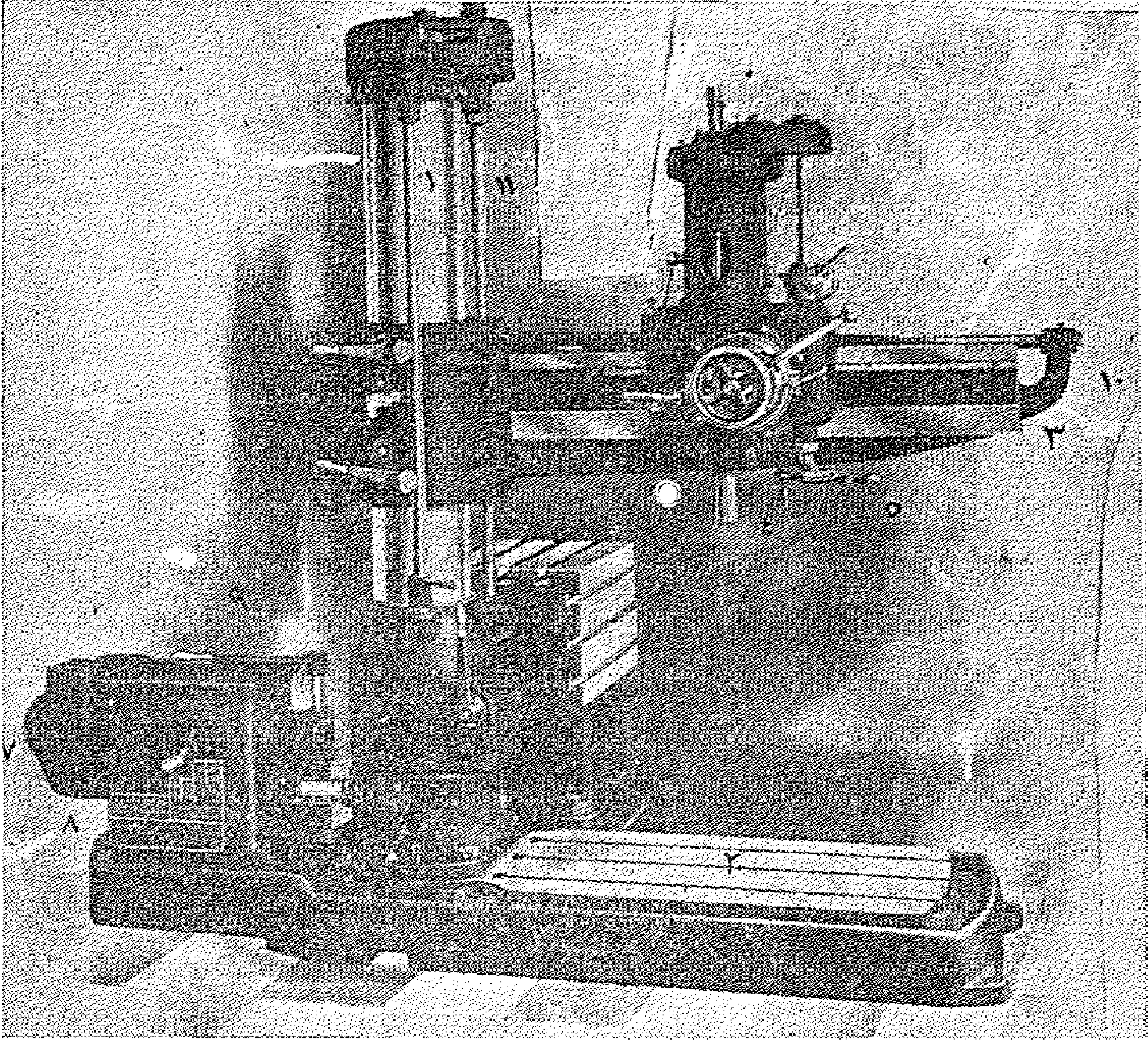
(شكل ١٠٣ — آلة سنبك ومقص)

آلة التخريم

(١) السنبك والقاعدة	(٤) البدن
(٢) مقص قطع الصاج	(٥) مجموعة التروس الموصلة للحركة
(٣) مقص الزوايا والكمرات	(٦) بدال تشغيل السنبك

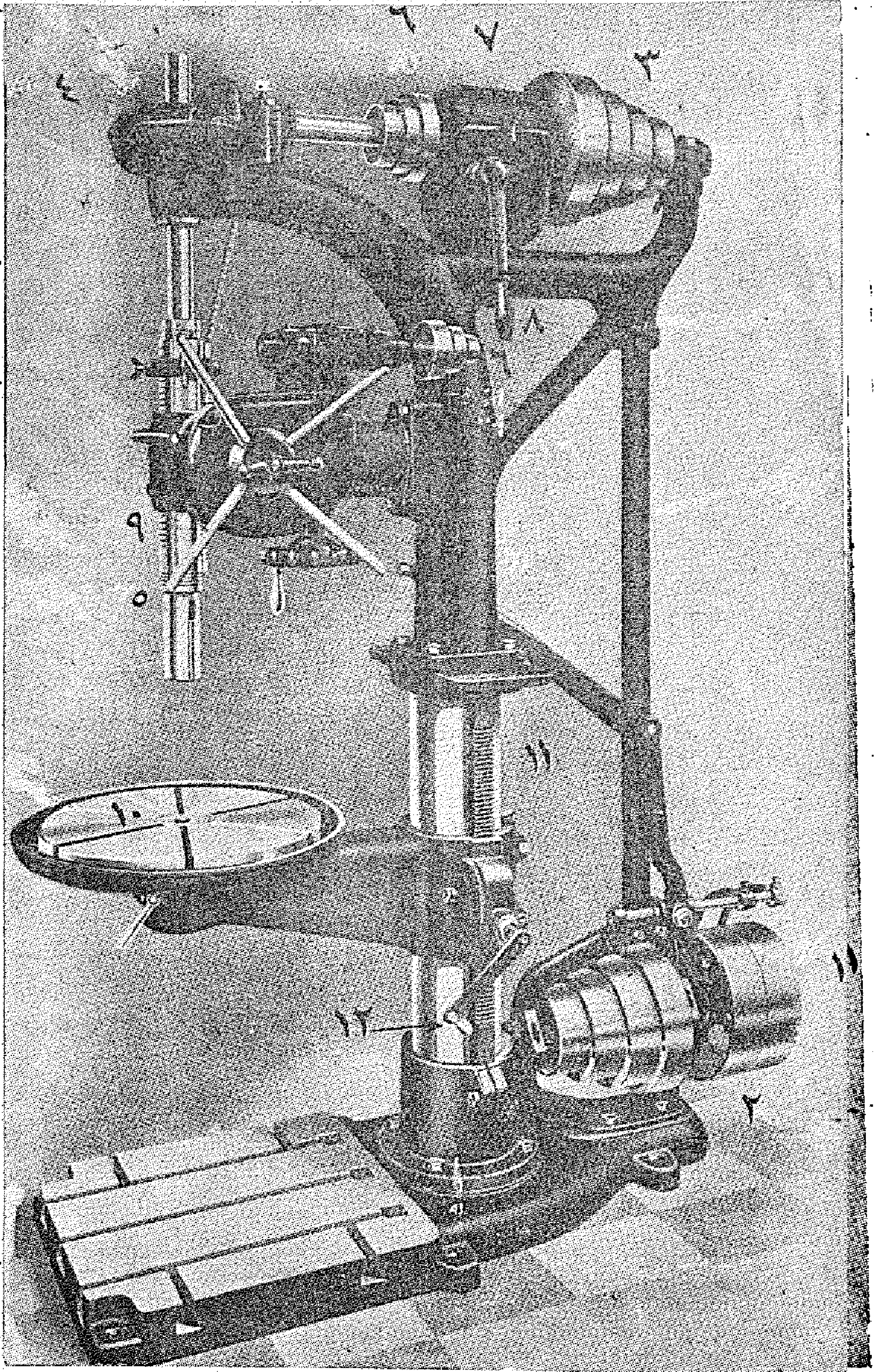
أما الثقب فيستخدم فى أدائه عدة قاطعة تسمى البنطة تحرك حركة دائرية وتركب فى آلة تسمى آلة المثقاب وشكل (١٠٤) يبين مثقابا من النوع المعروف فى المصانع المصرية باسم المثقاب ذى الدف وشكل (١٠٥) يبين مثقابا يعرف بمثقاب الشجرة فعند دوران البنطة تؤثر حافتها القاطعة فى المعدن فتقطع منه مايعادل قطرها . وتستخدم طريقة الثقب فى الأشغال ذات الثقوب القليلة أو التى تحتاج الى دقة فى الأداء . كذلك تستخدم فى عمل

الثقوب العميقة وفى ثقب المعادن غير اللدنة كالزهر مثلا وتختلف طريقة الثقب عن التخريم فى أن المعدن لا يتأثر فى الطريقة الأولى عند عمل ثقوب فيه أما فى طريقة التخريم فيتأثر المعدن إذ أن كبس السنبك فى القاعدة



(شكل ١٠٤ — المثقاب ذو الدف)

(١) العمود .
(٢) الفرش .
(٣) الدف .
(٤) عمود المثقاب .
(٥) يد التغذية اليدوية .
(٦) « النفسية .
(٧) غطاء طنبور الادارة .
(٨) صندوق تغيير السرعة .
(٩) يد بدء الحركة .
(١٠) جريدة تحريك المثقاب على الدف
(١١) فتيلة رفع أو خفض الدف .
(١٢) يد تثبيت الدف .



(شكل ١٠٥ — مثقاب الشجرة)

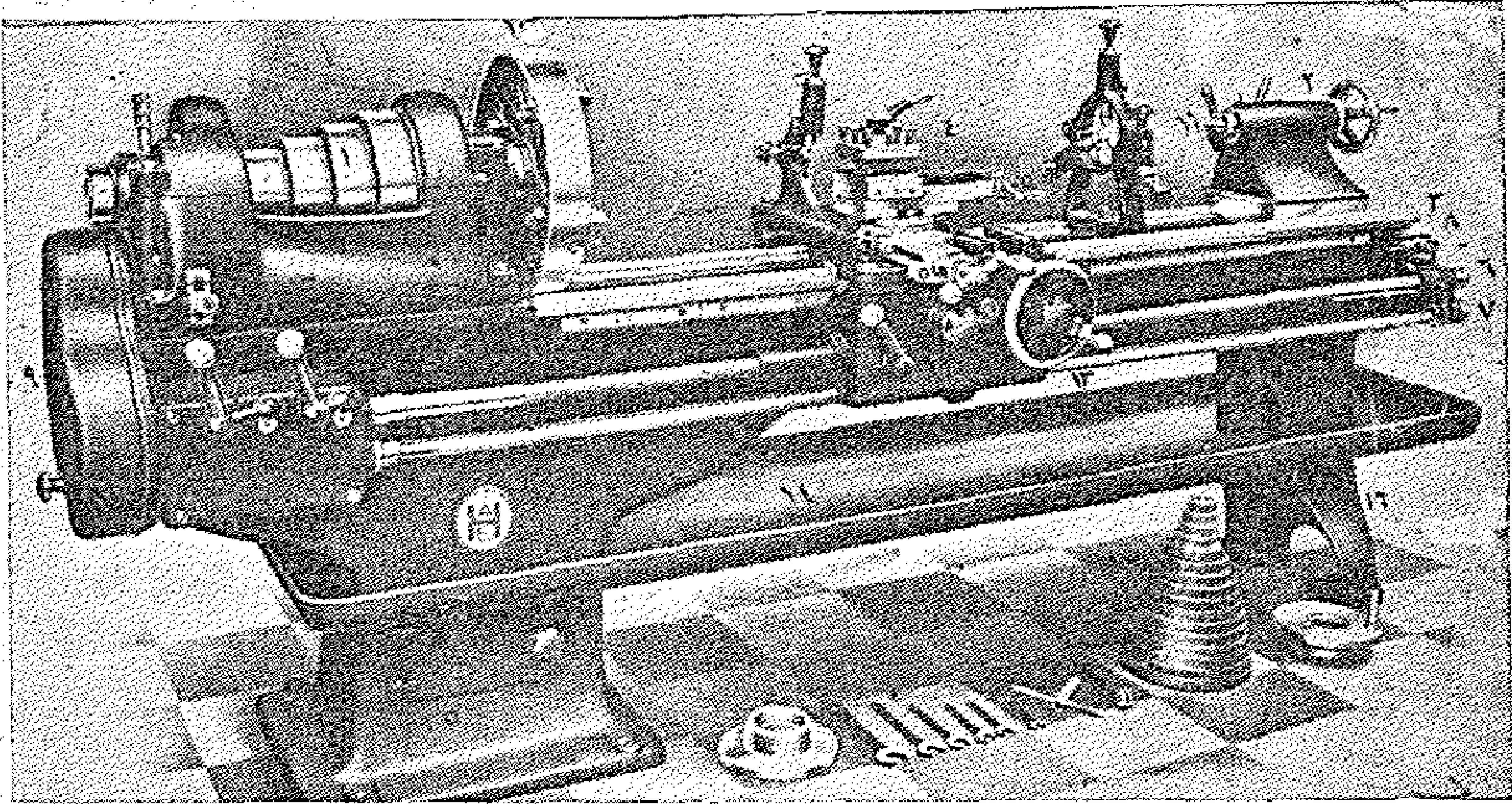
(١) طنبور الادارة .
(٢) الطنبور المدرج .
(٣) طنبور مدرج لعمود المثقاب .
(٤) صندوق داخله تروس نقل الحركة .
(٥) عمود المثقاب .
(٦) طنبور مدرج للتغذية النفسية .
(٧) صندوق سرعة تغيير التغذية النفسية .
(٨) يد تغيير سرعة التغذية .
(٩) يد التغذية اليدوية .
(١٠) الصينية .
(١١) جريدة رفع الصينية .
(١٢) يد لرفع الصينية .

يميل الى شد أجزاء المعدن فى المنطقة المجاورة للثقب فيجهدها . لذلك لاتستخدم طريقة التخريم فى صنع المراجل الدقيقة الصنع ويستخدم الآن فى هذا الغرض آلات مثقاب متعددة البنط .

خرط المعادن — وهو من أهم وأدق العمليات فى الورش الميكانيكية ويحتاج الصانع الى كثير من التدريب حتى يلم بالضرورى منها . وتنحصر عملية الخرط فى تشكيل المشغولات المعدنية بأشكال دائرية أو مخروطية أو كروية سواء أكان ذلك التشكيل على السطح الخارجى للشغولات أم على سطحها الداخلى ثم انها تشمل أيضا عملية تسوية السطوح وعمل سن القلاووظ . وتؤدى كل هذه الأعمال على آلة تسمى المخرطة يتأسس عملها على ادارة المشغولات وتعريضها وهى دائرة لعدة قاطعة تشكلها بالشكل المطلوب وتتركب المخرطة كما فى شكل (١٠٦) من بضع أجزاء مهمة منها الغراب الثابت ويتركب من عمود محور محمول على كرسيين مركب عليه بينهما طنبور مدرج لامكان تغيير سرعة العمود حسب الطلب . وطرف العمود مقلوظ يركب عليه ظرف أو صنية لربط المشغولات ربطا محوريا على استقامة العمود . ويحمل هذا الغراب على فرش من الزهر يسمى بنك المخرطة أو فرشها ذو طول مناسب اعتنى بتسوية سطحه العلوى حتى جعل جميعه موازيا بالضبط لمحور عمود الغراب الثابت .

ويُحمل على الفرش نفسه جزءٌ آخر مهم من أجزاء المخرطة هو الغراب المتحرك ويتركب من عمود مقلوظ يتحرك داخل جلبة معدنية مقلوظة بحيث يمكن تحريكه حركة مستقيمة موازية لمحور المخرطة وذلك بادارة طارة أعدت خصيصا لهذا الغرض ويحمل هذا العمود على جسم من الزهر يتزلق فوق فرش المخرطة وبذلك يمكن وضع الغراب فى أى مكان على طول المخرطة وتثبيته بواسطة

مسمار مقلوظ وفائدة الغراب المتحرك أن يقوم بوظيفة كرسى خارجى يحمل طرف المشغولات الطويلة حتى تكون هـذه المشغولات محملة على كل من



(شكل ١٠٦ — المخرطة)

(١) الطنبور المدوج فى الغراب الثابت
(٢) الغراب المتحرك
(٣) الفرش
(٤) راسمة ربط القلم
(٥) يدا تغذية القلم
(٦) بريمة الأم
(٧) عمود الجر
(٨) الجريدة
(٩) غطاء لتغطية مجموعة تروس تحريك بريمة الأم
(١٠) الصينية لربط المشغولات
(١١) زنبة الغراب المتحرك
(١٢) يد تحريك جشمة بريمة الأم
(١٣) يد تحريك الراسمة طوليا على فرش المخرطة بواسطة الجريدة والترس
(١٤) الحوض
(١٥) دولاب المخرطة
(١٦) لخذ المخرطة
(١٧) مجموعة تروس التغيير لقطع القلاووظ

طرف الغراب الثابت والغراب المتحرك ويثبت فى طرف كل من الغرابين قطعة من الصلب المقسى مخروطية الشكل تحمل عليها المشغولات وتسمى الزنبة . وتربط العدة القاطعة — وتعرف بالقلم — فى الراسمة وهى مسبوك من

الزهر ينزلق على طول فرش المخرطة بين الغرابين ويحمل فتيلتين (أى عمودين قصيرين من القلاووظ) احداهما موازية لمحور المخرطة والأخرى عمودية عليه ويمكن بواسطة هاتين الفتيلتين تحريك العدة القاطعة حركة موازية لمحور المخرطة أو حركة عمودية عليه أو الحركتين معا . كذلك يحمل فرش المخرطة على أحد جانبيه عمودا مقلوظا يسمى بريمة الأم يستمد حركته الدائرية من عمود الغراب الثابت بواسطة مجموعة من التروس يمكن تغييرها حسب الحاجة . وتمر بريمة الأم هذه داخل جلبة مقلوظة (الجشمة) يمكن تثبيتها بالراسمة فى أى وقت فتكتسب الراسمة فى هذه الحالة حركتها الانزلاقية من بريمة الأم وتستخدم المخرطة عندئذ فى عمل سن القلاووظ فى المشغولات المركبة عليها . ويحمل الفرش أيضا على أحد جانبيه عمودا آخر يسمى عمود الجر يستمد حركته من الغراب الثابت بواسطة مجموعة من التروس ووظيفة هذا العمود تحريك الراسمة حركة طولية موازية لمحور المخرطة وذلك بواسطة جريدة مسننة معشق بها ترس تحمله الراسمة .

ولقد تعددت أنواع المخارط وأشكالها حسب حاجة الصناعة وتبعا لدرجة الاتقان فى المشغولات المطلوب أداؤها عليها ولا يسمح المجال لذكر هذه الأنواع فى هذا الكتاب .

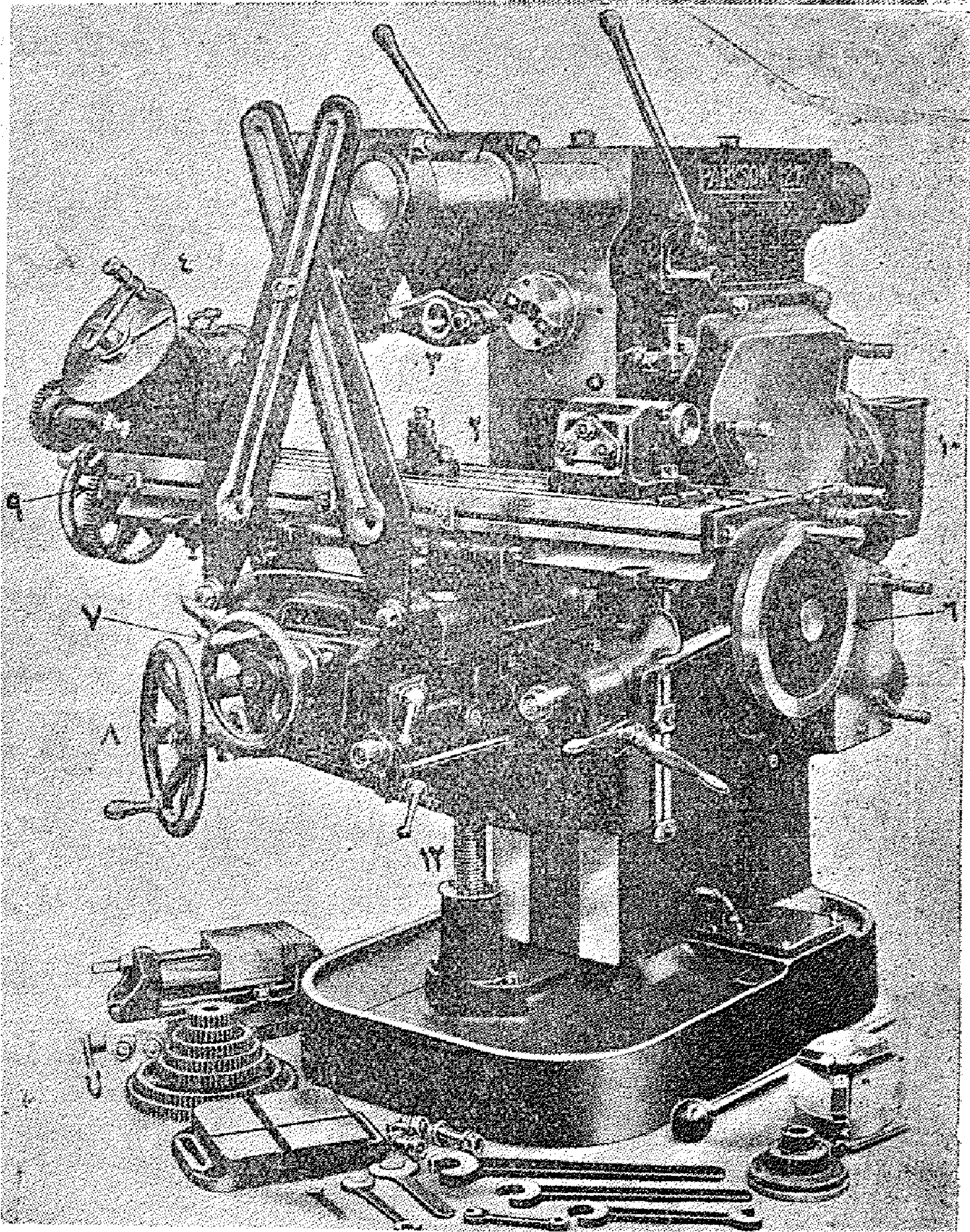
ماكينة الفريزة[1] — تتطلب بعض المصنوعات المعدنية أعمالا يتعذر أداؤها على المخرطة كعمل المثقبيات الطويلة (المجارى) أو أسنان التروس أو عمل القلاووظ الكبير الخطوة أو غير ذلك . فلمثل هذه الأعمال تستخدم آلات الفريزة وفى هذه الآلات تربط المشغولات على راسمة ذات حركات متعددة فيمكن تحريكها رأسيا أو تحريكها أفقيا عموديا على محور السكينة (تغذية طولية) أو أفقيا بموازاته (تغذية عرضية) .

(١) اسمها بالعربية آلة الخشخنة .

كذلك يمكن تثبيت الراسمة على زوايا مختلفة بالنسبة لمحور الآلة . وتثبت العدة القاطعة (وتعرف بالسكينة) فى عمود محمول على كرسيين فى جسم الآلة ويحمل هذا العمود طنبورا مدرجا لإمكان تغيير سرعته حسب الطلب . وتستمد الراسمه حركتها من عمود الفريزة بواسطة عمود محور ذى مفصلة عامة يمكنها نقل الحركة للراسمة وهى فى أى موضع . وبواسطة مجموعات من التروس وفتائل القلاووظ يمكن اعطاء الراسمة أى حركة من حركاتها السابقة الذكر أو حركتين منهما معا بما يتفق وحركة عمود الفريزة بالضبط . وقد أعد بسطح الراسمة جملة مثقبيات (مجارى) لربط المشغولات أو لربط حاملى زنب تحمل بينهما المشغولات . وتجهز آلات الفريزة بما يسمى جهاز التقسيم ويمكن بواسطته تقسيم محيط أى دائرة الى أى عدد من الأقسام حسب الطلب . ويستخدم هذا الجهاز فى فتح أسنان التروس ويمكن أن توصل الحركة بين عمود جهاز التقسيم والتغذية الطولية للراسمة بواسطة مجموعة من التروس تعطى عمود جهاز التقسيم حركة أفقية بالنسبة للتغذية الطولية وبذا يمكن عمل الحلزونات ذات الخطوات الكبيرة وفتح التروس الحلزونية وشكل (١٠٧) يبين آلة الفريزة .

فى أغلب الآلات السابقة الحركة الدائرية هى الأساس فى تشغيلها سواء أأعطيت تلك الحركة للعدة القاطعة كما فى المثقاب أو الفريزة أم أعطيت للشغولات كما فى المخرطة . كما أن هناك آلات أخرى أساس تشغيلها مبنى على الحركة المستقيمة المترددة ذكرنا منها السنبك وسنذكر فيما يلى المقاشط بأنواعها .

المقاشط — وتستخدم فى تسوية سطوح المشغولات وجوانبها وفتح المثقبيات . والأساس فى تشغيلها هو الحركة الترددية المستقيمة . والمقاشط على نوعين :



(شكل ١٠٧ — الفريزة)

(١) الفرش
(٢) راسمة ربط المشغولات
(٣) موضع ربط السكينة
(٤) جهاز التقسيم
(٥) حامل الزنبة
(٦) طارة لتحريك الراسمة طوليا
(٧) « « « عرضيا

(٨) طارة لتحويل الراسمة رأسيا
(٩) مجموعة تروس لتوصيل الحركة بين جهاز التقسيم والراسمة
(١٠) غطاء طنبور السير
(١١) عمود توصيل الحركة المفصلى
(١٢) فتيلة الراسمة

الأول — وتعطى الحركة الترددية فيه للعدّة القاطعة .

الثانى — وتعطى الحركة الترددية فيه للشغولات نفسها .

وينقسم النوع الأول إلى قسمين أيضا :

(ا) قسم تكون الحركة فيه أفقية ويسمى المقشطة النطاحة .

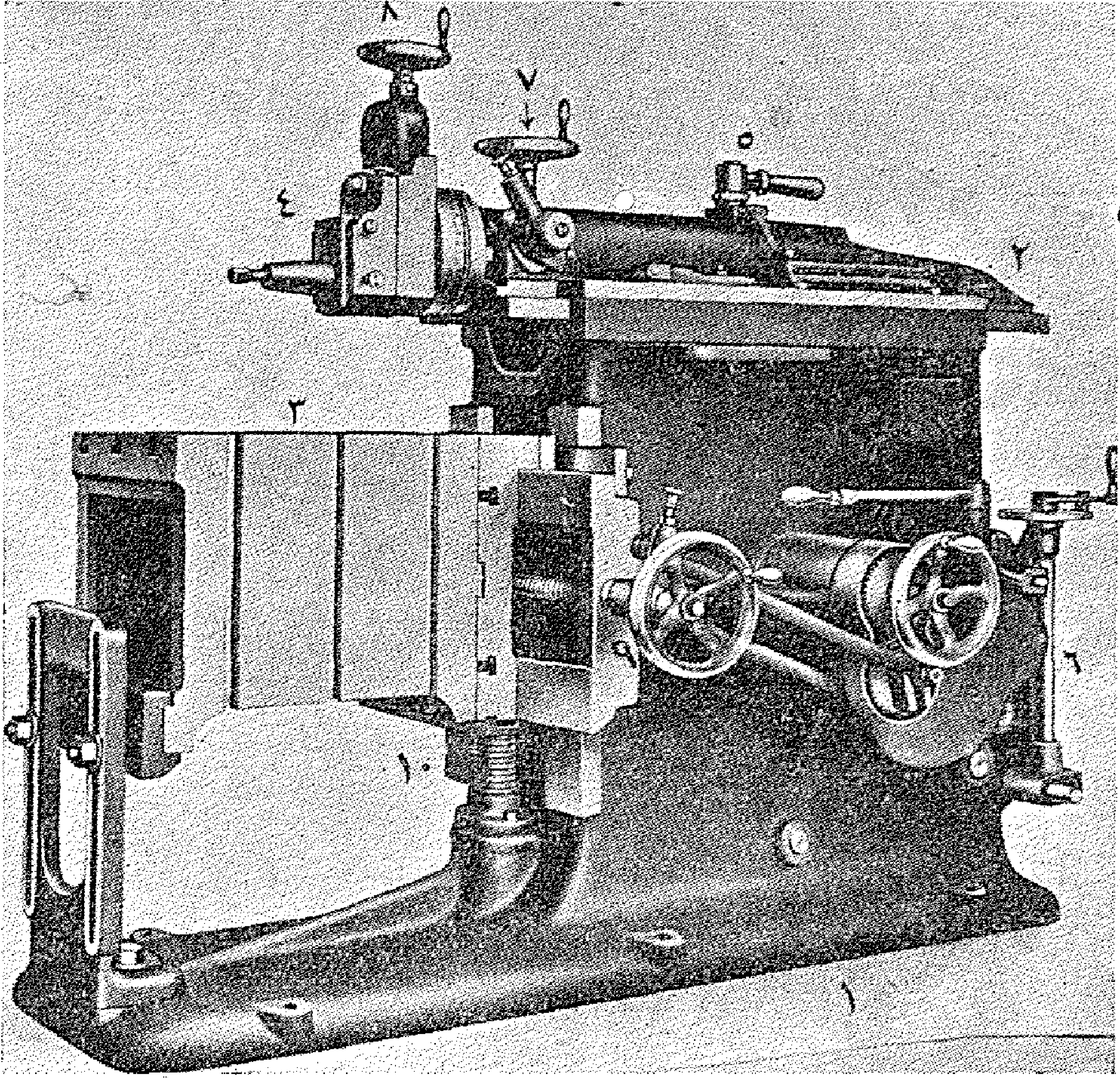
(ب) قسم تكون الحركة فيه رأسية وتسمى المقشطة الرأسية .

أما الثانى فتكون الحركة فيه أفقية دائما و يطلق عليه المقشطة ذات العربة وتسهيلا فى التعبير (مقشطة عربة) .

وفى جميع أنواع المقاشط تتعرض المشغولات لفعل العدة القاطعة أثناء الحركة الترددية فى مشوار واحد فقط يسمى مشوار القطع .

والمشوار الثانى هو مشوار الرجوع وقد جعل أسرع من مشوار القطع اقتصادا فى الوقت .

وشكل (١٠٨) يبين مقشطة نطاحة من النوع الأول قسم (ا) تستخدم عادة فى تشكيل المصنوعات الخفيفة كما تستخدم فى تسوية سطوحها .

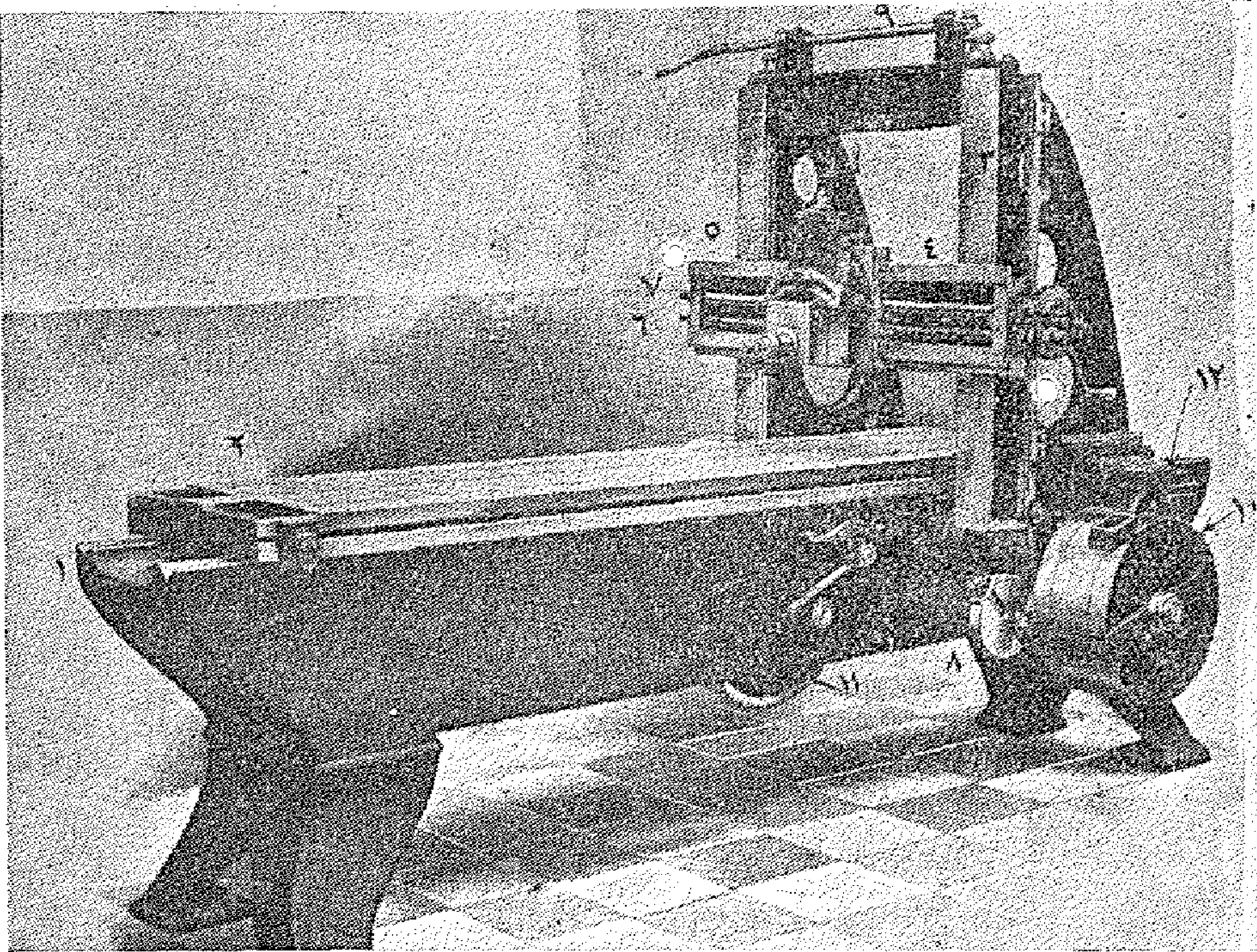


(شكل ١٠٨ — مقشطة نطاحة)

(١) البدن	(٦) صندوق مجموعة تروس التغذية العرضية
(٢) التمساح	(٧) طارة تحديد المشوار
(٣) راسمة ربط المشغولات	(٨) طارة للتغذية الرأسية باليد
(٤) راسمة القلم	(٩) طارة للتغذية العرضية باليد
(٥) يد رباط جشمة المشوار	(١٠) فتيلة رفع وخفض الراسمة

ويلاحظ من الشكل أن العـدة القاطعة تأخذ فقط تغذية رأسـية بينما تأخذ الراسمة تغذية أفقية وشكل (١٠٩) يبين مقشطة عربة من النوع الثانى وفيها تربط المشغولات على العربة وتأخذ حركة ترددية .

ويمكن تغذية العدة القاطعة فيهـا إما تغذية عرضية و إما تغذية رأسية وفى بعض المقاشط التى من هذا النوع تركب عدة راسمات للعدد القاطعة حتى يمكن استعمال عدتين لتسوية سطحين فى آن واحد كالسطح العلوى والسطح الجانبى مثلا وفى جميع الآلات السابقة تكون التغذية إما نفسية (أوتوماتيكية) و إما تغذية يدوية حسب الطلب .



(شكل ١٠٩ — مقشطة عربة)

(١) الفرش	(٧) عمود التغذية الرأسية
(٢) العربة	(٨) القرص الرحوى للتغذيات النفسية
(٣) حامل الراسمة (الفخد)	(٩) عمود رفع وخفض الراسمة
(٤) راسمة القلم	(١٠) طنابير الادارة
(٥) الراسمة	(١١) ترس جر العربة
(٦) بريمة التغذية العرضية	(١٢) رافعة نقل السير

(تم بحمد الله وتوفيقه)

تم طبع هذا الكتاب بالمطبعة الأميرية ببولاق
فى يوم ٧ من ذى الحجة سنة ١٣٥٣
(١٢ من مارس سنة ١٩٣٥) م

مدير المطبعة الأميرية

محمد أمين بهجت

المطبعة الأميرية ١٠٦٧٣-١٩٣٤-٤٠٠٠